

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑳ Anmeldenummer: **78100627.5**

⑤① Int. Cl.²: **G 05 D 11/13, F 02 D 35/00,**
F 02 M 27/02

㉔ Anmeldetag: **08.08.78**

㉔ Priorität: **17.08.77 DE 2737072**
19.08.77 DE 2737531

⑦① Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT Berlin**
und München, Postfach 261, D-8000 München 22 (DE)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: **07.03.79**
Patentblatt 79/5

⑦② Erfinder: **Paul, Bernt, Dr., Friedrich-Bauer-Strasse 3/X,**
D-8520 Erlangen (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **DE FR GB**

⑤④ **Regelverfahren zum Betrieb eines Spaltgasgenerators und einer nachgeschalteten Brennkraftmaschine.**

⑤⑦ Brennstoff, Vergasungsluft (Primärluft) und gegebenenfalls ein gebundenen Sauerstoff enthaltendes Gas (Abgas) werden in einem Spaltgasgenerator zu einem Brenngas umgesetzt und das Brenngas mit Motorluft (Sekundärluft) in einer Brennkraftmaschine verbrannt. Das Verfahren besteht aus zwei Schritten: Aus Messwerten für die Gaspedalstellung, die Drehzahl und die Reaktortemperatur werden dimensionslose Sollwerte für die Brennstoffzufuhr (B), die Luftzahlen (λ_{a1} , λ_{a2}) der Umsetzung und gegebenenfalls einen durch Abgas zu ersetzenden Primärluftanteil (b_a) berechnet, wobei das Kennfeld der Brennkraftmaschine berücksichtigt wird. Im zweiten Schritt werden aus diesen dimensionslosen Sollwerten Sollwerte für die Volumenströme von Primärluft (L_v), Sekundärluft (L_m) und rückzuführendes Abgas (a_R) gebildet. Die Volumenströme werden auf diese Sollwerte eingeregelt. Bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr wird das Verhältnis L_v/L_m entsprechend der zeitlichen Änderung B kurzzeitig erhöht gegenüber dem stationären Zustand mit der gesteigerten Brennstoffzufuhr.

EP 0 000 899 A1

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 77 P 7541 EPC

5 Regelverfahren zum Betrieb eines Spaltgasgenerators
und einer nachgeschalteten Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Regelungsverfahren zum Betrieb eines Spaltgasgenerators, in dem Flüssig-
10 brennstoff mit Primärluft und gegebenenfalls einem gebundenen Sauerstoff enthaltenden Gas zu einem Spaltgas umgesetzt wird, und einer nachgeschalteten Brennkraftmaschine, in der das Spaltgas mit Sekundärluft verbrannt wird. Dabei werden bei stationären
15 Betriebszuständen die Zufuhr von Flüssigbrennstoff und Gesamtluft und das Verhältnis von Primärluftstrom zu Sekundärluftstrom auf den stationären Zuständen angepaßte Werte eingeregelt.

20 Ein derartiges Verfahren, wie es z.B. aus der deutschen Offenlegungsschrift 23 06 026 bekannt ist, hat den Vorteil, daß schadstoffarme Brennstoffe (z.B. "straight run"-Benzin oder andere Rohdestillate, die in Raffinierungen bei der Benzinherstellung anfallen,

keine Zusätze von Bleiverbindungen oder Aromaten aufweisen und daher wegen ihrer relativ niedrigen Octanzahl zum Betrieb moderner Brennkraftmaschinen, z.B. in Kraftfahrzeugen nicht geeignet sind) einer Verwendung beim Betrieb von Brennkraftmaschinen zugeführt werden können. Derartige Flüssigbrennstoffe werden im Spaltgasgenerator durch partielle Oxidation zu einem Spaltgas umgesetzt, das eine hohe Octanzahl besitzt und das in der Brennkraftmaschine unter sehr geringer Entwicklung von Stickoxiden, teilverbrannten Kohlenwasserstoffen, Aromaten und anderen Schadstoffen verbrennt.

In der genannten Offenlegungsschrift ist dargelegt, daß ein schadstoffarmes Abgas nur entsteht, wenn das im folgenden als Gesamtluftzahl λ_{13} bezeichnete Verhältnis derjenigen Luftmenge, die insgesamt dem Spaltgasgenerator und der Brennkraftmaschine tatsächlich zugeführt wird, zu derjenigen Luftmenge, die zur stöchiometrischen Verbrennung des zugeführten Brennstoffes benötigt würde, größer als 1 ist. Gleichbedeutend hiermit ist, daß die Luftzahl bei der Verbrennung des Spaltgases, d.h. das Verhältnis der der Brennkraftmaschine zugeführten Luftmenge zu der zur stöchiometrischen Verbrennung benötigten Luftmenge, größer als 1 ist bzw. daß die Verbrennung überstöchiometrisch verläuft.

Da aber bei der partiellen Oxidation des flüssigen Brennstoffes im Spaltgasgenerator ein Teil des Heizwertes verloren geht, ist ein energiesparender Betrieb der Brennkraftmaschine nur möglich, wenn dem Spaltgasgenerator nicht zuviel Primärluft zugeführt wird. Die im folgenden λ_{12} genannte Primärluftzahl liegt daher vorteilhaft zwischen 0,05 und 0,2. Die

Primärluftzahl gibt bei partieller Oxidation von Brennstoff mit Luft das Verhältnis der dem Gasgenerator zugeführten Primärluftmenge zu der Luftmenge an, die zur stöchiometrischen Verbrennung des umgesetzten

5 Flüssigbrennstoffes benötigt würde. Man kann die partielle Oxidation auch endotherm mittels eines Sauerstoffs in gebundener Form enthaltenden Gases durchführen. Die Primärluftzahl gibt dann an, wieviel

10 Spaltgas gleicher Bruttozusammensetzung zu erhalten. Insgesamt müssen also Primärluftstrom, Sekundärluftstrom und gegebenenfalls Abgasrückführung bei allen Betriebszuständen so geregelt werden, daß sie in bestimmten Verhältnissen zum zugeführten Brennstoff

15 stehen.

Dazu ist in der erwähnten DE-OS 23 06 026 vorgeschlagen, einerseits die Brennstoffzufuhr im wesentlichen in Abhängigkeit von der Gaspedalstellung und der Drehzahl

20 und andererseits eine Drosselklappe, die in der Ansaugleitung zwischen der Einmündung der Spaltgasleitung und dem Einlaß der Brennkraftmaschine angeordnet ist, entsprechend der Gaspedalstellung zu regeln. Der stromaufwärts der Drosselklappe anstehende Ansaug-

25 unterdruck dient dazu, um erstens die Sekundärluft durch die Ansaugleitung anzusaugen, zweitens Primärluft in den Spaltgasgenerator und das erzeugte Spaltgas aus dem Spaltgasgenerator in die Ansaugleitung zu saugen. In der Sekundärluftzuführung ist ein dem

30 Strömungswiderstand des Spaltgasgenerators angepaßtes, selbsttätiges Drosselventil angeordnet, das dafür sorgt, daß Primärluft und Sekundärluft ungefähr in konstantem Verhältnis angesaugt werden. Wird Abgas der Brennkraftmaschine in den Spaltgasgenerator rück-

35 geführt, so wird durch ein geeignetes Abgasdosierventil

bewirkt, daß ein Teil der Primärluft durch Abgas verdrängt wird, ohne daß dabei die Primärluftzahl verändert wird.

- 5 Eine derartige Vorrichtung ermöglicht zwar, daß bei stationären Betriebszuständen jeweils die vorteilhaften Werte für die Luftzahlen eingehalten werden, rasche Lastwechsel sind jedoch nicht erreichbar. Vielmehr hat es sich gezeigt, daß eine sprunghafte Steigerung
10 der Motorleistung nur erreicht werden kann, wenn vorverdampfter Flüssigbrennstoff aus einem beheizten Vorratsgefäß in den Spaltgasgenerator eingeleitet wird, oder wenn durch eine zusätzliche Heizung der Flüssigbrennstoff und die Primärluft erhitzt werden. Brenn-
15 stoff und Primärluft allein durch Wärmetausch mit dem erzeugten Spaltgas und/oder dem Abgas zu erhitzen, reicht dazu nicht aus. Ferner ist die obengenannte Regelung verhältnismäßig träge und erfordert eine sorgfältige Abstimmung an die Strömungsverhältnisse
20 in den Zuführungen, dem Spaltgasgenerator und den Wärmetauschern. Eine Anpassung an die jeweiligen Kenndaten des Systems Spaltgasgenerator/Brennkraftmaschine, die zu einem hinsichtlich Schadstoffemission, Leistung und Brennstoffausnutzung optimalen Betrieb
25 führen könnte, erfordert einen erheblichen Aufwand. Ist das System auf eine Betriebsweise ausgelegt, so ist ein nachträglicher Eingriff kaum möglich.

- Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine
30 verbesserte Regelung für den Betrieb des Gasgenerators und der Brennkraftmaschine anzugeben, die an die jeweiligen Betriebszustände, insbesondere auch instationäre Betriebszustände, angepaßt werden kann und rasche Lastwechsel, z.B. rasche Drehmomentanstiege
35 bei konstanter Drehzahl, ermöglicht.

- Dies wird gemäß der Erfindung dadurch erreicht, daß bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr das Verhältnis vom Primärluftstrom zum Sekundärluftstrom entsprechend der zeitlichen Änderung der Brennstoffzufuhr kurzzeitig gegenüber dem stationären Zustand mit der gesteigerten Brennstoffzufuhr gesteigert wird. Dabei ist es vorteilhaft, wenn der vorübergehend gesteigerte Sekundärluftstrom sich erst dann auf den Wert des Sekundärluftstromes einstellt, der dem stationären Zustand der gesteigerten Brennstoffzufuhr entspricht, wenn die Steigerung der Brennstoffzufuhr bereits beendet ist, d.h. wenn die zeitliche Ableitung der Brennstoffzufuhr verschwunden ist.
- 15 Wird für eine sprunghafte Laststeigerung, z.B. bei raschem Durchtreten des Gaspedals, die Brennstoffzufuhr schlagartig erhöht, so stellt diese Regelung sicher, daß dem Spaltgasgenerator die zur Umsetzung nötige Vergasungsluft sofort zur Verfügung steht und
- 20 der Spaltgasgenerator den dem veränderten Lastzustand entsprechenden Brennstoffbedarf liefert, ohne daß das Verbrennungsgemisch aus Spaltgas und Sekundärluft zu stark abgemagert wird. Die Brennkraftmaschine kann rasch auf einen neuen Betriebszustand mit er-
- 25 höhter Last hochgefahren werden.

- Neben der Brennstoffzufuhr, die z.B. durch eine steuerbare Brennstoffförderpumpe oder durch magnetisch gesteuerte Einspritzventile geregelt werden kann,
- 30 sind bei dem System die Ströme von Primärluft, Sekundärluft und Spaltgas/Sekundärluft-Gemisch zu regeln, zu denen gegebenenfalls noch der Strom eines Sauerstoff in gebundener Form enthaltenden Gases (z.B. Abgas oder Wasserdampf) treten kann. Da die
- 35 Summe aus Primärluft und Sekundärluft die Gesamt-

luft ergibt, die sich - wenn auch teilweise im Spaltgas gebunden - im Gemisch wiederfindet, genügt es im allgemeinen, zwei der drei angegebenen Gasströme zu regeln.

5

So kann der Primärluftstrom mittels einer Drossel-
einrichtung in der Primärluftzuführung gesteuert
werden. Dazu kann vorteilhaft der Sollwert einer dem
Primärluftstrom entsprechenden Größe berechnet, der
10 dazugehörige Istwert gemessen, und die Drosselein-
richtung so verstellt werden, daß die Regelabweichung
(Istwert/Sollwert-Differenz) verschwindet. Bevorzugt
wird bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr der
Sollwert für den Primärluftstrom kurzzeitig herauf-
15 gesetzt, was zu einer im Verhältnis zur Steigerung
der Brennstoffzufuhr überproportionalen Öffnung der
Drosseleinrichtung in der Primärluftzuführung führt.

Man kann auch den Sollwert für eine dem Gesamtluft-
20 strom entsprechende Größe berechnen und messen. Ent-
sprechend der Regelabweichung können dann jeweils
Primärluftstrom und Sekundärluftstrom getrennt so
eingeregelt werden, daß die Regelabweichung für die
Summe der beiden Ströme verschwindet. Es kann aber
25 auch eine Drosseleinrichtung in der Gemischleitung
der Brennkraftmaschine bis zum Verschwinden der
Regelabweichung eingeregelt werden. Vorteilhaft wird
dabei der Sollwert für den Gesamtluftstrom aus der
Stellung des Gaspedals oder der Brennstoffzufuhr ent-
30 sprechend einem stationären Betriebszustand (d.h.
ohne Berücksichtigung der zeitlichen Ableitungen
der Brennstoffzufuhr, der Drehzahl oder anderer
Parameter) gebildet. Der Istwert für den Gesamtstrom
kann aus den gemessenen Istwerten für die Ströme von
35 Sekundärluft und Primärluft zusammengesetzt werden.

- Schließlich kann zur Regelung der Sekundärluft eine Drosseleinrichtung in der Sekundärluftzuführung verwendet werden. Hierzu kann vorteilhaft eine dem Primärluftstrom entsprechende Größe gemessen und
- 5 berechnet und die Regelabweichung zur Ansteuerung der Drosseleinrichtung in der Sekundärluftzuführung verwendet werden. Ist nämlich der Gesamtluftstrom bekannt, so kann durch Messung des Primärluftstromes der Sekundärluftstrom bestimmt werden. So kann z.B.
- 10 aus der Stellung der über den Gemischstrom auch den Gesamtluftstrom regelnden Drosselklappe leicht ermittelt werden, welcher Sollwert für den Druckabfall in der Primärluftzuführung einem bestimmten Sollwert des Sekundärluftstromes zuzuordnen ist. Daher kann
- 15 zur Bildung der Regelabweichung bei der Steuerung des Sekundärluftstromes nicht nur der mittels eines Manometers meßbare Druckabfall in der Sekundärluftzuführung, sondern auch der Druckabfall in der Primärluftzuführung verwendet werden. Vorteilhaft
- 20 wird der Sekundärluftstrom bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr kurzzeitig gedrosselt bzw. weniger gesteigert, als der Erhöhung der Brennstoffzufuhr entspricht.
- 25 Bevorzugt werden die drei Volumenströme für Primärluft, Sekundärluft und Gesamtluft unabhängig voneinander gesteuert. So können z.B. vorteilhaft Sollwerte für den Primärluftstrom und den Gesamtluftstrom berechnet werden, die an die jeweiligen Betriebszustände,
- 30 insbesondere an die instationären Betriebszustände während der Lastwechsel, angepaßt sind. Mißt man nun mittels Durchflußmengenmeßgeräten in der Primärluftzuführung und der Sekundärluftzuführung die entsprechenden Istwerte der Luftströme, so kann der Primärluftstrom geregelt werden, indem eine Drosselein-
- 35

richtung in der Primärluftzuführung bis zum Verschwinden der entsprechenden Regelabweichung des Primärluftstromes verstellt wird. Aus den Istwerten für Primärluftstrom und Sekundärluftstrom kann ein
5 Istwert für den Gesamtluftstrom bestimmt werden und eine Drosselklappe, die in der Gemischzuführung am Einlaß der Brennkraftmaschine angeordnet ist, kann bis zum Verschwinden der Regelabweichung des Gesamtluftstromes verstellt werden.

10

Wegen des Volumens des Gasgenerators - der neben dem Reaktionsraum vorteilhaft mindestens einen Wärmetauscher zur Vorerhitzung der Primärluft und/oder zum Verdampfen des Flüssigbrennstoffes unter Abkühlung des erzeugten Spaltgases enthält - steht der
15 durch die Drosselklappe gesteuerte Ansaugunterdruck erst mit einer gewissen Verzögerung am Primärluftventil; der Primärluftstrom folgt der entsprechenden Regelung langsamer als der Sekundärluftstrom. So wird
20 es im allgemeinen z.B. bei einer sprunghaften Laststeigerung zu einem raschen Anstieg des Sekundärluftstromes, jedoch zu einem langsameren Anstieg des Primärluftstromes kommen, so daß der Sekundärluftstrom auf Kosten des Primärluftstromes anwächst und
25 es zu einer Abmagerung des Gemisches kommt. Dies kann vermieden werden, wenn der zu den Sollwerten für den Primärluftstrom bzw. den Sekundärluftstrom gehörende Druckabfall in der Primärluftzuführung oder Sekundärluftzuführung berechnet und gemessen wird
30 und wenn mit der Regelabweichung in der Sekundärluftzuführung eine zweite Drosseleinrichtung gesteuert wird, die das überproportionale Anwachsen des Sekundärluftstromes verhindert.

Hinzu kommt, daß der Primärluftstrom nur etwa 10 % des Gesamtluftstromes beträgt und genau eingestellt werden muß, wobei die Drosseleinrichtung in der Primärluftzuführung überfordert wäre, wenn sie

5 den gesamten Druckabfall im Ansaugsystem im Bereich von etwa 0,6 bar bei Leerlauf und nahezu 0 bei Voll-
last regeln müßte. Würde man ferner versuchen - was theoretisch möglich ist -, die Luftströme nur durch die Drosseleinrichtungen in der Sekundärluftzuführung

10 und der Gemischzuführung zu regeln, so neigt das System zu unkontrollierten Schwingungen. Bei einer getrennten Regelung und Drosselung der drei Volumen-
ströme für Primärluft, Sekundärluft und Gemisch am Einlaß der Brennkraftmaschine läßt sich jedoch eine

15 Feinregelung erreichen, die rasche Lastwechsel zuläßt. Vorteilhaft können aber auch nur der Primärluftstrom und der Gesamtluftstrom bzw. der Gemischstrom so geregelt werden, daß sich die gewünschten Werte für den Sekundärluftstrom von selbst einstellen. Bevor-

20 zugt wird dabei in der Sekundärluftzuführung durch eine unveränderliche Drosselstelle ein Strömungs-
widerstand erzeugt, der bei mittlerer Last (mittlere Durchsätze in der Primärluftzuführung und der Sekundärluftzuführung) einen dem Druckabfall in der

25 Primärluftzuführung und dem Gasgenerator vergleichbaren Druckabfall in der Sekundärluftzuführung hervorruft. Durch eine Drosselklappe am Einlaß der Brennkraftmaschine kann dann der Gemischstrom und gleichbedeutend damit der Strom der Gesamtluft ge-

30 regelt werden, während durch Vergrößern oder Verkleinern des Strömungswiderstandes an einer Drossel-
einrichtung in der Primärluftleitung das Verhältnis von Primärluftstrom zu Sekundärluftstrom fein einge-
regelt werden kann.

Im Spaltgasgenerator kann das Spaltgas nicht nur durch exotherme Umsetzung des flüssigen Brennstoffes mit Luft (freiem Sauerstoff) erzeugt werden, sondern auch durch endotherme Umsetzung mit gebundenem Sauerstoff, beispielsweise Wasserdampf oder Abgas. So kann z.B. Abgas der Brennkraftmaschine in den Spaltgasgenerator zurückgeführt werden. Dabei wird Wärme in chemische Energie umgesetzt, was zu einem höheren Wirkungsgrad der Anlage führt. Außerdem ergibt sich die Möglichkeit, die Reaktortemperatur zu regeln, indem einem Anstieg der Reaktortemperatur durch einen wachsenden Ersatz von freiem Sauerstoff durch gebundenen Sauerstoff entgegengewirkt wird. Dies erfordert jedoch einigen Aufwand und ist darüber hinaus nur innerhalb gewisser Grenzen möglich. Als Ersatz oder Ergänzung einer derartigen Temperaturregelung kann vorteilhaft die Reaktortemperatur geregelt werden, indem das Verhältnis von Primärluftstrom zu Sekundärluftstrom in Abhängigkeit von der Reaktortemperatur verändert wird. Bevorzugt wird das Verhältnis entsprechend der Regelabweichung des Sollwertes vom Istwert der Reaktortemperatur geregelt. Eine Erhöhung des Primärluftstromes führt dabei zu einer stärker exothermen Umsetzung und kann dazu verwendet werden, einem Absinken der Reaktortemperatur entgegenzuwirken. Darüber hinaus kann bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr der Sollwert der Reaktortemperatur vorteilhaft kurzzeitig heraufgesetzt werden. Dies führt zu der angestrebten vorübergehenden Erhöhung des Verhältnisses von Primärluftstrom zu Sekundärluftstrom. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Temperatursollwert erst kurze Zeit nach Erreichen eines neuen stationären Zustandes, der der gesteigerten Brennstoffzufuhr entspricht, auf den diesem Zustand entsprechenden Temperatursollwert eingestellt wird.

Die Brennstoffzufuhr kann dabei in direkter Abhängigkeit von der Gaspedalstellung geregelt werden, wobei die Luftströme in direkter Abhängigkeit von der sich verändernden Brennstoffzufuhr, d.h. als Funktion
5 der Brennstoffzufuhr, eingestellt werden. Man kann aber auch die Luftströme in direkter Abhängigkeit von der Gaspedalstellung regeln, z.B. kann die Gaspedalstellung direkt zur Steuerung der Drosselklappe in der Gemischleitung verwendet werden. Die Brennstoff-
10 zufuhr kann dabei ebenfalls in direkter Abhängigkeit von der Gaspedalstellung oder aber auch in direkter Abhängigkeit von der Gesamtluftzufuhr geregelt werden. Auch dabei ist sichergestellt, daß Brennstoffzufuhr, Primärluftstrom und Sekundärluftstrom stets im geeigneten Verhältnis zueinander stehen.
15

Zur Durchführung des Verfahrens ist es ferner vorteilhaft, in einer ersten elektronischen Rechenstufe die Sollwerte für die Brennstoffzufuhr und zwei der
20 drei Luftzahlen für die Primärluft (λ_{12}), die Sekundärluft (λ_{23}) und die Gesamtluft (λ_{13}) unter Berücksichtigung des momentanen Betriebszustandes und der Kenndaten von Brennkraftmaschinen und Spaltgasgenerator zu berechnen. Aus diesen Sollwerten werden
25 dann in einer zweiten elektronischen Rechenstufe die Sollwerte für wenigstens zwei der drei Volumenströme von Primärluft L_V , Sekundärluft L_M und Gesamtluft L_G berechnet. Die Brennstoffzufuhr B und die Volumenströme werden dann auf die berechneten Sollwerte ein-
30 geregelt.

Um das System Spaltgasgenerator/Brennkraftmaschine nämlich hinsichtlich Leistung, Beschleunigungsvermögen, spezifischem Brennstoffverbrauch und die
35 Konzentrationen der einzelnen Schadstoffe im Abgas

zu optimieren, müssen die Ströme von Brennstoff B, Primärluft L_V und Sekundärluft, und - sofern eine teilweise Rückführung des erzeugten Abgasstromes A vorgesehen ist - der rückzuführende Abgasteilstrom

5 A_R sorgfältig aufeinander und auf die Kenndaten der Brennkraftmaschine und des Spaltgasgenerators abgestimmt werden. Man kann jedoch aufgrund allgemeiner stöchiometrischer Beziehungen die Sollwerte für diese Ströme auf Sollwerte für die Luftzahlen,

10 die Brennstoffzufuhr B und den Bruchteil b_a des durch Abgas umzusetzenden Brennstoffanteils zurückführen. Bezeichnet man die zur stöchiometrischen Verbrennung ($\lambda_{13} = 1$) des Brennstoffes B nötige Luftmenge mit L, so gilt unabhängig von den Kenndaten

15 der Brennkraftmaschine:

$L/B = \text{const}$ ("air fuel ratio" für stöchiometrische Luftzufuhr)

$$\begin{aligned} L_V &= \lambda_{12} \cdot L \cdot (1 - b_a) \\ 20 \quad L_M &= \{\lambda_{13} - (1 - b_a) \lambda_{12}\} \cdot L \\ L_G &= L_V + L_M \end{aligned}$$

$$A_R = b_a \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{13} - \lambda_{12}} A = a_R \cdot A$$

25 In der ersten Rechenstufe werden daher die Sollwerte für λ_{12} , λ_{13} bzw. λ_{23} , b_a und B nach Funktionen von den Betriebszustand kennzeichnenden Meßwerten (z.B. der Drehzahl n, der Gaspedalstellung α_p und zeitlichen Änderungen dieser Größen) berechnet, wobei

30 diese Funktionen entsprechend dem Kennfeld der Brennkraftmaschine bestimmt werden. Diese erste Stufe kann dabei so allgemein ausgelegt werden, daß die Anpassung an die Kenndaten verschiedener Brennkraftmaschinen-

35 sprechende Sollwertrechner vorgenommen werden kann.

In der zweiten Rechenstufe, die unabhängig von den Kenndaten der Brennkraftmaschine und des Spaltgasgenerators ausgelegt werden kann, werden dann entsprechend den genannten Gleichungen die zu den

- 5 dimensionslosen Sollwerten λ_{12} , λ_{23} bzw. λ_{13} und b_a gehörenden Sollwerte für die Volumenströme L_V , L_M und/oder L_G sowie für A_R oder a_R berechnet.

- Anhand dreier Ausführungsbeispiele und mehrerer
10 Figuren sei die Erfindung näher erläutert.

- Fig. 1 zeigt das System aus einem Spaltgasgenerator 1 und einer Brennkraftmaschine 4 (z.B. einen Hubkolbenmotor eines Kraftfahrzeugs). Ein derartiger Spaltgas-
15 generator ist z.B. in der deutschen Offenlegungsschrift 2 558 922 und in der deutschen Patentanmeldung 2 614 670 beschrieben und besteht meist aus einem einen Katalysator enthaltenden Reaktionsraum 2 und einem Wärmetauscher 3 für das zu kühlende Spaltgas
20 einerseits und den zu verdampfenden flüssigen Brennstoff und/oder Primärluft andererseits. In den Spaltgasgenerator werden Flüssigbrennstoff über eine Brennstoffzuführung 5 und Primärluft über eine Primärluftzuführung 6 eingeleitet. Das erzeugte Spaltgas wird
25 über eine Spaltgasleitung 7 in die Ansaugleitung der Brennkraftmaschine eingespeist und mit der aus der Sekundärluftzuführung 8 kommenden Sekundärluft vermischt. Das Gemisch wird in der Brennkraftmaschine verbrannt und das entstehende Abgas kann, sofern
30 dies erwünscht ist, teilweise über eine Abgasrückführung 9 in den Spaltgasgenerator zurückgeführt werden. Die in Fig. 1 deutlich hervorgehobenen Volumenströme werden durch eine Drosselklappe 11 in der Ansaugleitung, eine Drosseleinrichtung 12
35 in der Primärluftzuführung, eine regelbare Brennstoff-

einspritzvorrichtung 13 in der Brennstoffzuführung und gegebenenfalls ein Abgasdosierventil 14 in der Abgasleitung geregelt.

- 5 Zur Steuerung der Dosiereinrichtungen 11 bis 14 dient eine elektronische Steuereinrichtung, die aus zwei Sollwertrechnerstufen 20 und 21 besteht und Sollwerte für den Primärluftstrom L_M , den Sekundärluftstrom L_V , den rückzuführenden Abgasan-
- 10 teil a_R , die Brennstoffzufuhr B und vorteilhaft auch für den Zündwinkel α_z bildet. Die Sollwerte für B und α_z können unmittelbar zur Steuerung der Brennstoffförderpumpe und des Zündwinkels am Zündverteiler der Brennkraftmaschine verwendet werden, während
- 15 die Sollwerte für L_V , L_M und a_R zusammen mit den Istwerten dieser Größen in geschlossene Regelkreise eingegeben werden, die die Dosiereinrichtungen 11 bis 14 so steuern, daß die in den Differenzbildnern 22 der Regelkreise gebildeten Regelabweichungen
- 20 verschwinden.

- Zur Erfassung der Istwerte für die Volumenströme können bekannte Durchflußmengenmeßgeräte 23, 24, 32 verwendet werden. Für größere Durchflußmengen, z.B.
- 25 für die Sekundärluft, sind derartige Geräte handelsüblich und bereits bei der unter der Bezeichnung "L-Jetronik" bekannten Benzineinspritzsteuerung für Kraftfahrzeuge eingesetzt. Für kleinere Volumenströme, insbesondere den Primärluftstrom, ist z.B. ein Durch-
- 30 flußmengenmesser mit einer magnetfeldabhängigen Widerstandsanordnung geeignet, wie er in der deutschen Offenlegungsschrift 24 34 864 beschrieben ist. Diese Durchflußmengenmesser sind so ausgelegt, daß sie Ausgangssignale liefern, die proportional der
- 35 die Meßstelle pro Zeiteinheit durchsetzenden Gasmenge sind.

Als Eingangsgrößen der elektronischen Steuereinrichtungen werden Signale für die in dem jeweiligen Betriebszustand vorliegende Drehzahl n und Stellung α_p des Gaspedals benötigt. Hierzu dient ein Fühler
5 25 an der Brennkraftmaschine, z.B. am Unterbrecher, und ein Meßwandler 26, der die Gaspedalstellung in ein entsprechendes elektrisches Signal umsetzt, z.B. ein Potentiometer, dessen Abgriff mechanisch mit dem Gaspedal gekoppelt ist. Da man mit einer Steigerung
10 der Abgasrückführung ein Absinken der Reaktortemperatur des Spaltgasgenerators bewirken kann, ist es ferner vorteilhaft, mittels eines Temperaturfühlers 27 die Reaktortemperatur T_R zu erfassen und in die erste Stufe 20 zur Berechnung des Sollwertes für b_a
15 einzugeben. Dabei kann es auch nützlich sein, am Einlaß des Reaktors 2 die Temperatur der im Wärmetauscher 3 erhitzten Stoffe (Brennstoff und/oder Luft) mit einem Temperaturfühler 29 zu messen. Vorteilhaft wird ferner die Abgastemperatur, die entsprechend dem Lastzustand der Brennkraftmaschine
20 stark schwankt, mittels eines Temperaturfühlers 28 erfaßt und ebenfalls in die erste Stufe eingegeben. Aus diesen Größen werden in der ersten Stufe nach Funktionen, die entsprechend dem Kennfeld der
25 Brennkraftmaschine gewählt werden, die Sollwerte für B , λ_{12} , λ_{23} und b_a berechnet. Dabei werden auch zeitliche Abweichungen dieser Größen, z.B. die zeitliche Änderung der Drehzahl und/oder der Brennstoffzufuhr, bei der dem Kennfeld entsprechenden Festlegung der Funktionen berücksichtigt.
30

In der zweiten Stufe 21 werden aus den oben dargelegten, vom Kennfeld unabhängigen stöchiometrischen Beziehungen die Sollwerte für a_R , L_V und L_M gebildet.
35 Die zweite Stufe kann für viele Typen von Brennkraft-

maschinen als ein unveränderlicher Baustein gefertigt werden. In die Umrechnung der dimensionslosen Zahlen λ_{12} , λ_{23} und b_a in die dazugehörigen Sollwerte für die Volumenströme gehen lediglich

- 5 spezifisches Gewicht und "air fuel ratio" des verwendeten Flüssigbrennstoffes bei stöchiometrischem Betrieb sowie Temperatur und Druck der Ansaugluft, d.h. der Außenatmosphäre, ein. Um diese Größen zu berücksichtigen, können ein Temperaturfühler 30 und
- 10 ein Druckmeßgerät 31 in der Leitung für die Ansaugluft angeordnet sein. Die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform der Erfindung besteht im wesentlichen aus den gleichen Bandteilen mit den gleichen Bezugszeichen: In der ersten Stufe 50 wird anstelle des
- 15 Sollwertes für die Sekundärluftzahl (λ_{23}) der Sollwert für die Gesamtluftzahl (λ_{13}) berechnet, aus dem in der zweiten Stufe 51 die Sollwerte für die Volumenströme L_G und L_V gebildet werden. Der Sollwert für den Primärvolumenstrom L_V wird in einem entsprechenden Differenzglied des Differenzbildners 53 mit
- 20 dem Istwert für L_V verglichen, um mit der Regelabweichung die Drosseleinrichtung 12 der Primärluftzuführung zu steuern. Der Sollwert für die Gesamtluft ($L_M + L_V = L_G$) wird zur Steuerung einer Dosiereinrichtung benutzt, wobei im Addierer 67 die Summe
- 25 der gemessenen Istwerte für L_M und L_V gebildet und in einem Differenzbildner 54 mit dem Sollwert L_G verglichen wird. Mit der erhaltenen Regelabweichung wird die Stellung α_D der Drosselklappe 55 gesteuert.
- 30 Diese Drosselklappe ist in diesem Ausführungsbeispiel nicht in dem die sekundäre Luft führenden Teil der Ansaugleitung (Sekundärluftzuführung), sondern in dem das Spaltgas/Sekundärluft-Gemisch führenden Teil angeordnet. Da bei Kenntnis von L_M und L_V auch der
- 35 Gesamtluftstrom und der Gemischstrom eindeutig be-

stimmt sind, wird allein durch die Steuerung der Drosselklappe 55 und der Drosseleinrichtung 12 der Sekundärluftstrom indirekt geregelt.

- 5 Trotzdem ist bei dieser Ausführungsform noch eine gesonderte Regelung des Sekundärluftstromes mittels einer in der Sekundärluftzuführung angeordneten zweiten Drosseleinrichtung 56 vorgesehen. Zur Steuerung dieser zweiten Drosseleinrichtung wird in der
10 ersten Stufe 50 der elektronischen Steuereinrichtung aus der Gaspedalstellung und gegebenenfalls unter Berücksichtigung anderer Betriebsdaten (z.B. der zeitlichen Änderung des Brennstoffflusses) ein dem Kennfeld der Brennkraftmaschine angepaßter Sollwert für den
15 vom Sog der Brennkraftmaschine erzeugten Unterdruck in der Ansaugleitung gebildet. Dieser Sollwert wird in einem weiteren Differenzglied 57 mit dem entsprechenden Istwert verglichen, wobei die Regelabweichung zur Steuerung der Drosseleinrichtung 56 verwendet wird.
20 Prinzipiell könnte die Drosseleinrichtung 56 auch entsprechend dem in der zweiten Stufe gebildeten Sollwert für L_M geregelt werden, wodurch eine Feinregelung der Volumenströme L_V , L_M und L_G erreicht würde, jedoch ermöglicht die hier vorgeschlagene
25 Ausführungsform insbesondere rasche Lastwechsel.

Wird nämlich bei dem Lastwechsel das Pedal rasch durchgetreten, so werden in der zweiten Stufe große Sollwerte für die Primärluft L_V und für die Gesamtluft L_G errechnet. Entsprechend wird die erste
30 Drosseleinrichtung 12 und die Drosselklappe 55 geöffnet. Das Volumen des Gasgenerators bewirkt jedoch, daß zunächst der Reaktionsraum und der Wärmetauscher leergesaugt werden. Der Istwert des Primärstromes
35 erhöht sich folglich nur allmählich; der Sekundärluft-

strom folgt der Erhöhung des Ansaugunterdruckes strom-
auf der Drosselklappe jedoch rascher, so daß bei der
Einregelung des Gesamtluftstromes L_G auf den Ist-
wert zunächst hauptsächlich der Sekundärluftstrom
5 erhöht wird. Das angesaugte Gemisch wird folglich
abgemagert, während die Brennkraftmaschine gerade
einen erhöhten Brennstoffbedarf aufweist. Da bei
diesem Vorgang jedoch der Unterdruck in der Ansaug-
leitung stromaufwärts zur Drosselklappe wegen des
10 Puffervolumens des Gasgenerators nicht so rasch
steigt, wie er entsprechend der Öffnung der Drossel-
klappe anwachsen sollte, ergibt sich die Möglichkeit,
den Sollwert für den Ansaugunterdruck zu berechnen
und die zweite Drosseleinrichtung 56 nur soweit zu
15 öffnen, daß die Regelabweichung des gemessenen Druck-
abfalles vom berechneten Druckabfall nahezu verschwin-
det. Der Sekundärluftstrom wird dann weniger be-
schleunigt, während der den Gasgenerator durchsetzende
Luftstrom überproportional beschleunigt und gesteigert
20 wird. Dies ermöglicht rasche Lastwechsel.

Der Druckabfall kann dabei gemessen werden, indem
die Druckdifferenz vor und hinter der Drosselein-
richtung 56 in der Sekundärluftleitung gemessen wird.
25 Man kann aber vorteilhaft die Drosseleinrichtung 56
auch steuern, indem man den Druckabfall in der Primär-
luftleitung mißt. Hierzu ist ein die Drosseleinrich-
tung 12 überbrückendes Differenzmanometer 58 vorge-
sehen. Diese Anordnung hat darüber hinaus noch den
30 Vorteil, daß Veränderungen (z.B. Verschmutzungen) im
Spaltgasgenerator, die im Laufe der Benutzung zu
einem Anstieg des Strömungswiderstandes im Spaltgas-
generator führen und den Primärluftstrom herabsetzen
würden, von selbst ausgeglichen werden. In diesem
35 Falle sinkt nämlich der Druckabfall an der Drossel-

einrichtung 12, was dazu führt, daß die zweite
Drosseleinrichtung 56 in der Sekundärluftleitung im
gleichen Maße geschlossen wird, so daß das ange-
strebte Verhältnis von Primärluft zur Sekundärluft
5 erhalten bleibt.

Prinzipiell könnte bei einer derartigen Anordnung
auf die Drosselklappe 55 am Einlaß der Brennkraft-
maschine verzichtet werden. Dann müßte aber der
10 gesamte Bereich des Ansaug-Unterdruckes zwischen
etwa 0,6 bar bei Leerlauf und annähernd 0 bei Voll-
last von den beiden Drosseleinrichtungen 12 und
56 geregelt werden, was vor allem die Feinregelung
der Primärluft erschwert.

15

Die erste Stufe 50 ist aus vier Rechenbausteinen 60
bis 63 und einem Dynamikglied 64 aufgebaut, die im
folgenden näher erläutert werden sollen.

20 Wir beginnen mit dem Baustein 60 zur Berechnung
des Sollwertes für die Brennstoffzufuhr B, dessen
Aufbau in Fig. 3 gezeigt wird. Zur Steuerung der
Maschinenleistung dient das Gaspedal, dessen
Stellung durch ein der angestrebten Last proportio-
25 nales Spannungssignal α_p des Meßgebers 26 erfaßt und
eingegeben wird. Für die Abhängigkeit der Brennstoff-
zufuhr B wird die Funktion

$$B = e_0 \cdot n \cdot \alpha_p$$

bestimmt, wobei e_0 ein vorgebbares Proportionalitäts-
30 faktor ist und ein vom Geber 26 erzeugtes, der Dreh-
zahl n proportionales Spannungssignal zusammen mit α_p
in einen Multiplizierer 101 gegeben wird. In der
Leitung für α_p ist dabei ein Verstärker 102 mit
einstellbarem Verstärkungsfaktor zur Realisierung
35 des Proportionalitätsfaktor e_0 vorgesehen.

Der Sollwert für den Druckabfall Δp_v in der Primärluftleitung setzt sich zusammen aus einem konstanten Basiswert g_0 , der z.B. den Druckabfall im Spaltgas-generator berücksichtigt, und einem Glied, das
 5 proportional dem Sog in der Ansaugleitung ist. Es wird die funktionale Abhängigkeit

$$\Delta p_v = g_0 + g_1 \cdot \alpha_p - g_2 \dot{B}$$

gewählt. $\dot{B}$ ist ein durch Differenzieren des Sollwertes B in dem Dynamikglied 64 gewonnenes Spannungssignal für die zeitliche Änderung der Brennstoffzufuhr. Die Größe $\dot{B}$ wird im Hinblick auf Lastwechsel berücksichtigt und bewirkt, daß bei einem plötzlichen Lastwechsel, der mit einer plötzlichen Änderung der Brennstoffzufuhr einhergeht, der Sollwert für den
 15 Druckabfall kurzzeitig verändert und damit die Sekundärluft derart gesteuert wird, daß der Sekundärluftstrom gegenüber dem Primärluftstrom bei einer Leistungssteigerung vorübergehend gedrosselt und das Gemisch angefettet wird. g_1 und g_2 sind Pro-
 20 portionalitätsfaktoren, die entsprechend dem Kennfeld des Systems vorgebar sind und durch entsprechende Verstärker 103 und 104, die mit den Eingängen für α_p und $\dot{B}$ verbunden sind, berücksichtigt werden. Die erhaltenen Spannung $g_1 \alpha_p - g_2 \dot{B}$ und der Basiswert g_0 ,
 25 der an einem Potentiometer 105 abgegriffen wird, werden addiert, wozu weitere Verstärker zur Impedanzan-
 gleichung (106) und zur Additionsschaltung (107 - Symbol nach DIN 40 700-18-2) und Widerstände (108) benötigt werden.

30

Ferner wird im Rechenbaustein 60 ein Sollwert T_S für die Reaktortemperatur berechnet. Hierfür wird die Funktion

$$T_S = d_0 \cdot \{1 + d_1 (\dot{B} - \dot{B}_S)\}$$

gewählt, die zur Berechnung von b_a und λ_{12} und damit zur Regelung der Reaktortemperatur benötigt wird.

Diese Funktion bewirkt, daß bei stationären Zuständen ($\dot{B} = 0$) die Reaktortemperatur $d_0 - d_0 \cdot d_1 \cdot \dot{B}_S$ herrscht, wobei d_0 , d_1 und $\dot{B}_S$ einstellbare, an Kenn-
5 daten des Spaltgasgenerators angepaßte Konstanten sind. Bei rascher Steigerung des Brennstoffdurchsatzes wird die Reaktortemperatur erhöht, bei Verminderung des Brennstoffdurchsatzes erniedrigt. $-\dot{B}_S$ kann wieder an
10 einem Potentiometer 109 eingestellt und abgegriffen werden, d_1 und d_2 wird durch entsprechende variable Verstärker 110 erzeugt.

Beim Betrieb einer Brennkraftmaschine mit Spaltgas-
15 generator kann im allgemeinen auf eine Rückführung des Abgases in den Spaltgasgenerator verzichtet werden, wodurch sich der apparative Aufwand erheblich vereinfacht. Da bei einem teilweisen Ersatz der Primärluft durch Abgas im Spaltgasgenerator jedoch
20 endotherme Prozesse neben exothermen Prozessen ablaufen, kann die Abgasrückführung zu einer wirkungsvollen Regelung der Reaktortemperatur benutzt werden. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Reaktor temperaturempfindliche Katalysatoren enthält. Hierzu
25 ist der Rechenbaustein 61 (Fig. 2) vorgesehen, der den Sollwert für den Bruchteil b_a der durch Abgas zu ersetzenden Primärluft in Abhängigkeit vom gemessenen Wert T_R der Reaktortemperatur berechnet. Dieser Baustein weist bei dem in Fig. 2 gezeigten
30 Ausführungsbeispiel neben dem Eingang für T_R je einen Eingang für die Reaktorsolltemperatur T_S und den Sollwert der Brennstoffzuführung B , die mit den entsprechenden Ausgängen des Bausteines 61 verbunden sind, und für den Meßwert des Abgastemperaturfühlers
35 28 auf. Der Sollwert wird so berechnet, daß $b_a = 0$ gilt,

wenn die Reaktortemperatur T_R unter der Solltemperatur T_S liegt. Für höhere Reaktortemperaturen wird b_a proportional zur Differenz $T_R - T_S$ berechnet. Ferner kann die Abgasrückführung gesteigert werden, wenn

5 das Abgas eine hohe Temperatur besitzt und einen Teil der nötigen Umsetzungswärme mit sich führt. Außerdem kann noch berücksichtigt werden, daß auch bei hoher Brennstoffzufuhr die Umsetzung so stark exotherm sein muß, daß die zugeführte große Brennstoffmenge bei

10 der Einleitung in den Spaltgasgenerator verdampft wird. Daher wird der Sollwert für b_a entsprechend dem funktionalen Zusammenhang

$$b_a = 0 \quad \text{für } T_R < T_S$$

$$15 \quad b_a = c_o (T_R - T_S) [1 + c_1 (T_A - T_{Ao})] [1 - c_2 (B - B_o)] \quad \text{Für } T_R \geq T_S$$

berechnet. Hierbei sind c_o , c_1 , c_2 , T_{Ao} und B_o Parameter, die entsprechend den Kenndaten des Spaltgasgenerators gewählt werden.

20

Fig. 4 zeigt schematisch das Schaltbild eines derartigen Bausteines, der Eingänge für die in den Temperaturfühlern 27 und 28 gebildeten Spannungssignale T_R und T_A sowie für die im Baustein 60 berechneten Sollwerte T_S und B besitzt. B_o und T_{Ao} werden als veränderbare Spannungen an Potentiometern 120, 121 abgegriffen. Mit 122 ist nach DIN 40 700-18-34 ein logischer Schalter bezeichnet, der einen der beiden Eingänge 123, 124 mit dem Ausgang 125 verbindet. Ist das am Eingang 126 liegende Signal

30 $(T_R - T_S)$ positiv, so wird auf die im Symbol dargestellte Weise der Eingang 123 mit dem Ausgang verbunden.

Zur Berechnung des Sollwertes für λ_{13} dient ein

35 weiterer Rechnerbaustein 62. Diese Luftzahl wird so

festgelegt, daß die Abgaszusammensetzung hinsichtlich ihres Gehalts an Stickoxiden, teilverbrannten Kohlenwasserstoffen und anderen Schadstoffen möglichst optimal ist. Im allgemeinen kann nur gefordert

- 5 werden $\lambda_{13} > 1$, der genaue Sollwert muß unter Berücksichtigung der Brenneigenschaften der Brennkraftmaschine berechnet werden. Das stationäre Verhalten der Brennkraftmaschine kann ausreichend berücksichtigt werden, wenn λ_{13} in Abhängigkeit von
 10 der Benzinzufuhr und der Drehzahl proportional zu einem Polynom gewählt wird, in das diese Größen jeweils bis zur dritten Potenz eingehen. In allgemeiner Form kann dieses Polynom geschrieben werden.

15
$$P_L(n, B) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 b_{ij} n^i B^j$$

- mit 16 Parametern $b_{00}, b_{01}, b_{10}, \dots, b_{33}$, die zur Anpassung an das Kennlinienfeld der Brennkraftmaschine vorgegeben werden können. Um die Luftzahl auch an
 20 Lastwechsel anpassen zu können, wird für den Sollwert der Luftzahl λ_{13} die Funktion

$$\lambda_{13} = P_L(n, B) \cdot (1 + b_{17} \frac{\dot{n}}{n} + b_{18} \frac{\dot{B}}{B})$$

- 25 vorgeschlagen, wobei b_{17} und b_{18} ebenfalls zur Anpassung an das Kennfeld der Brennkraftmaschine wählbar sind.

- Das Schaltbild des Rechenbausteins 62 ist in Fig. 5
 30 dargestellt. Dabei werden Eingänge 150 und 151 für die zeitlichen Ableitungen von n und B , die durch Differentiation im Dynamikglied 64 gebildet werden, über entsprechende variable Verstärker 152 und 153 jeweils an den einen Eingang eines Dividierers 154
 35 und 155 gegeben. Die anderen Eingänge dieser Dividierer

sind mit Eingängen 156 und 157 für die Spannungssignale von n und B verbunden. Die Ausgangssignale dieser Dividierer werden zu einer dem Versorgungsnetz entnommenen konstanten Spannung mittels
 5 des Verstärkers 159 addiert. Ferner werden die Eingänge 156 und 157 auf ein Multiplizierersystem 160 gegeben, das aus Verstärkern und Multiplizierern bestehen kann und die Einstellung der 16 frei vorgebbaren Parameter b_{00} und b_{33} als Multiplikatoren
 10 gestattet. Aus den erhaltenen Signalen wird anschließend im Multiplizierer 161 ein dem Sollwert entsprechendes Spannungssignal gebildet.

Die Abgaszusammensetzung und die Motorleistung wird
 15 auch wesentlich vom Zündwinkel α_z bestimmt, der ebenfalls in Abhängigkeit vom Kennfeld der Brennkraftmaschine optimiert werden kann, wofür analog der funktionale Zusammenhang

$$20 \quad \alpha_z = \sum_{i,j=0}^3 f_{ij} n^i B^j \cdot \left(1 + f_{17} \frac{\dot{n}}{n} + f_{18} \frac{\dot{B}}{B} \right)$$

gewählt wird. Zur Verwirklichung dieses Zusammenhanges kann eine Schaltung herangezogen werden, die mit den Eingängen 150, 151, 156 und 157 verbunden ist und
 25 analog der Anordnung nach Fig. 5 aufgebaut ist.

Schließlich muß in einem weiteren Rechnerbaustein 63 der ersten Stufe noch zu jedem Lastzustand (d.h. zu jedem B -Wert) der passende Sollwert für die Primärluft λ_{12} ausgerechnet werden. Um ein Schwingen des
 30 Systems zu vermeiden, empfiehlt es sich, λ_{12} in Abhängigkeit eines zeitlichen Mittelwertes $\bar{B}$ zu berechnen, der in dem Dynamikglied gebildet wird. Liegt die Brennstoffzufuhr im mittleren Bereich, d.h. zwischen zwei vorgebbaren Brennstoffzufuhren $\bar{B}_1$ und $\bar{B}_2$,
 35

so kann λ_{12} unabhängig von der Brennstoffzufuhr gewählt werden. Bei kleineren Umsätzen muß jedoch die Luftzahl gesteigert, d.h. die Umsetzung stärker exotherm gelenkt werden, um im Reaktor Wärmeverluste auszugleichen und eine Rußbildung zu vermeiden.

Ferner kann es vorteilhaft sein, bei großen Brennstoffdurchsätzen die Luftzahl zu steigern, um durch eine Erhöhung der Reaktionswärme die Verdampfungswärme für die erhöhte Brennstoffzufuhr aufzubringen. Die Luftzahl λ_{12} wird also proportional einer Größe h_o berechnet, für die gilt

$$\begin{aligned} h_o &= a_o - a_1 (\bar{B}_1 - \bar{B}) && \text{für } \bar{B} < \bar{B}_1 \\ h_o &= a_o && \text{für } \bar{B}_1 \leq \bar{B} \leq \bar{B}_2 \\ h_o &= a_o + a_2 (\bar{B} - \bar{B}_2) && \text{für } \bar{B} > \bar{B}_2 \end{aligned}$$

Ferner kann es vorteilhaft sein, die Luftzahl bei höheren Einlauftemperaturen der Primärluft herabzusetzen. Hierzu wird die Temperatur T_E des Gemisches aus Primärluft und verdampftem Brennstoff mittels des Temperaturfühlers 29 am Einlaß der Brennkraftmaschine, d.h. nach Verlassen des Wärmetauschers 3 (Fig. 1), gemessen. Bei hohen Temperaturen T_E ist nämlich eine geringere Wärmetönung der Umsetzung, d.h. eine geringere Primärluftzahl, nötig, um die Betriebstemperatur des Reaktors aufrechtzuerhalten. Die Regelung der Betriebstemperatur des Spaltgasgenerators kann zwar, wie bereits erwähnt, über die Abgasrückführung erfolgen. Häufig wird es jedoch für die katalytische Umsetzung im Reaktor nicht vorteilhaft sein, einen zu großen Teil der Primärluft durch Abgas zu ersetzen. Daher ist, wie noch erläutert werden wird, ein Grenzwertgeber vorgesehen, der bei Erreichen oder Überschreiten eines Maximal-

wertes a_{Rmax} für die Abgasrückführung ein Signal GW in die erste Stufe gibt: Dieses Signal GW kann z.B. positiv, wenn a_{Rmax} überschritten ist, und sonst $GW=0$ sein. $GW > 0$ bedeutet, daß eine weitere Steigerung der Abgasrückfuhr nicht möglich ist. Jedoch kann durch Herabsetzung der Primärluft die Wärmetönung der Umsetzung verringert und damit eine Angleichung der Reaktortemperatur an die Solltemperatur erreicht werden. λ_{12} wird daher proportional einer

5
10 Größe h_1

$$\begin{aligned} h_1 &= 1 - a_3(T_E - T_{E0}) & \text{für } GW = 0 \\ h_1 &= 1 - a_3(T_E - T_{E0}) - a_4(T_R - T_S) & \text{für } GW > 0 \end{aligned}$$

15 gewählt, so daß sich ergibt

$$\lambda_{12} = h_0 \cdot h_1.$$

Fig. 6 zeigt, wie der Baustein, der Eingänge für $\bar{B}$, T_E , T_R und T_S aufweist, aus Potentiometern 170, Verstärkern 171 und 172, Verstärkern mit einstellbarem Verstärkungsfaktor 174, einem als Invertierer beschalteten Verstärker 176, Widerständen 177, einem Multiplizierer 178 und den erwähnten logischen Schaltern 179 nach DIN 40 700-18-34 aufgebaut werden kann.

20
25

Um den Rechenbausteinen 60, 62 und 63 die den Größen $\dot{n}$, $\dot{B}$ und $\bar{B}$ entsprechenden Spannungssignale zuzuführen, wird ein Dynamikbaustein benötigt. Dieser Baustein enthält, wie Fig. 7 zeigt, einen auf übliche Weise beschalteten Verstärker 200, der zusätzlich als Integrator mit einem Kondensator überbrückt ist und dessen Eingang mit dem das Signal für den Sollwert B führenden Ausgang des ersten Sollwertrechners 60 verbunden ist. Am Ausgang des Verstärkers entsteht

30
35

dann ein Spannungssignal, das einen geglätteten Verlauf der Brennstoffzufuhr-Sollkurve aufweist. Zur Bildung der Größen $\dot{n}$ und $\dot{B}$ wird der Meßwertfühler 25 für die Drehzahl und der Eingang für den Sollwert B je mit dem Eingang eines Differenziergliedes 203 bzw. 204 verbunden. An den Ausgängen stehen dann Spannungssignale an, die den Werten $\dot{n}$ und $\dot{B}$ entsprechen.

- 10 Zur Berechnung der Volumenströme in der zweiten Stufe muß zunächst die zur stöchiometrischen Verbrennung der zuzuführenden Brennstoffmenge B benötigte Luftmenge L berechnet werden. Unter Berücksichtigung der Meßwerte für den Druck P_L und die Temperatur T_L 15 der Ansaugluft kann näherungsweise für "straight run" Benzin geschrieben werden

$$L = 9,084 \cdot B \cdot \frac{760 \text{ Torr}}{P_L} \cdot (1 + 2,26 \cdot 10^{-3} T_L - 20^\circ\text{C})^m / 1.$$

- 20 Zur Berechnung dient ein Rechenbaustein 220 (Fig. 8) mit Eingängen für T_L , P_L und B, dessen Ausgang zu einem Multiplikator 221 führt, in dem das Signal für L mit dem dem Baustein 62 entnommenen Sollwert λ_{13} multipliziert wird.

25

Zur Berechnung des Primärluftstromes nach der Formel

$$L_V = L (1 - b_a) \lambda_{12}$$

30

- dient ein Rechenbaustein 222 mit Eingängen für die der ersten Stufe entnommenen Sollwerte λ_{12} und b_a und den im Baustein 220 berechneten Wert L. Im Subtrahierglied 66 wird aus den Signalen der Bausteine 221 und 222 der Sollwert $L_M = L_G - L_V$ für den 35

Sekundärluftstrom gebildet.

Ein Rechenbaustein 223, der mit den Signalleitungen für λ_{12} und λ_{13} verbunden ist, dient zur Be-
 5 rechnung von $\lambda_{12}/(\lambda_{13} - \lambda_{12})$. Die entsprechende Größe und der in der ersten Stufe berechnete Sollwert b_a werden in einen Rechenbaustein 224 gegeben, in dem der rückgeführte Abgasbruchteil a_R

$$10 \quad a_R = \frac{A_R}{A} = \frac{\lambda_{12} \cdot b_a}{\lambda_{13} - \lambda_{12}}$$

berechnet wird.

Ferner muß noch im Grenzwertgeber 65 das Signal GW
 15 erzeugt werden. Hierzu wird dem Grenzwertgeber der Sollwert a_R und der einstellbare Grenzwert a_{Rmax} eingegeben. Die beiden Werte werden miteinander verglichen und für $a_R > a_{Rmax}$ eine konstante positive Spannung am Ausgang 226 erzeugt. Für
 20 $a_R \leq 0$ wird der Ausgang 226 geerdet.

Fig. 9 zeigt den Aufbau der zweiten Stufe, die für Brennkraftmaschinen mit einem maximalen Durchsatz von 24 Liter Benzin pro Stunde ausgelegt ist. Da
 25 die Kenndaten der Brennkraftmaschine keinen weiteren Einfluß auf die Vorgänge der zweiten Stufe haben, kann die Stufe für alle Brennkraftmaschinen dieser Größe gleich ausgelegt werden.

30 Die erste Stufe ist dagegen derart variabel gestaltet, daß sie an sehr verschiedene Kennfelder angepaßt werden kann. Diese Veränderlichkeit ist vor allem dann von Vorteil, wenn die endgültige Optimierung der zu regelnden Volumenströme noch nicht festliegt. Ins-
 35 besondere ist die Vorrichtung dazu geeignet, durch

Veränderung der einzelnen variablen Parameter die Anpassung an das Kennfeld bestimmter Brennkraftmaschinen experimentell zu ermitteln. Sind die in der ersten Stufe zu berücksichtigenden funktionalen Zusammenhänge für einen Brennkraftmaschinentyp einmal festgelegt, so kann selbstverständlich auf die vielen Anpassungsmöglichkeiten und Eingriffmöglichkeiten in der ersten Stufe verzichtet werden. Die einzelnen Parameter können dann als feste Größen in die Schaltung eingebaut werden, die z.B. in Integriertechnik gefertigt werden kann. Die hier in analoger Logik vorgeschlagene Schaltung kann auch in digitaler Logik aufgebaut werden. Auch können vorteilhaft Mikroprozessoren eingesetzt werden.

In vielen Fällen wird es möglich sein, mit annähernd konstanter Gesamtluftzahl λ_{13} zu fahren. Da dann sowohl die Brennstoffzufuhr wie auch der Gesamtluftstrom bzw. der Gemischstrom annähernd proportional zur Gaspedalstellung geregelt werden soll, kann die Gaspedalstellung außer zur Steuerung der Brennstoff-Förderpumpe 13 auch direkt zum Ansteuern der Drosselklappe 55 bzw. des Differenzbildners 54 verwendet werden.

Die Vorrichtung nach Fig. 2 kann auch so abgewandelt werden, daß die vom Differenzbildner 54 kommende Leitung 70 nicht mit der Drosselklappe 55 sondern mit dem Eingang 71 für α_p des ersten Sollwertrechners 60 verbunden wird. Die vom Gaspedal-Fühler 26 kommende Leitung 72 wird dagegen nicht mit dem Eingang 71 sondern mit der Drosselklappe 55 verbunden. Hierbei steuert das Gaspedal direkt die Drosselklappe 55. Der Sollwertrechner 60 bildet einen Sollwert für die Brennstoffzufuhr, der wie bisher einerseits zur

- 30 - VPA 77 P 7541 EPC

Steuerung der Brennstoff-Förderpumpe 13, andererseits zur Bildung eines neuen "Sollwertes" für den Gesamtluftstrom und somit zur Bildung einer neuen Regelabweichung dient, die in den Sollwertrechner
5 60 zurückgegeben wird. Dadurch entsteht eine Gegenkopplung, die zu jedem Gesamtluftstrom die zugehörige, der Luftzahl λ_{13} entsprechende Brennstoffzufuhr einregelt. Die gleiche Verfahrensvariante läßt sich auch durchführen, wenn (z.B. bei der Vorrichtung
10 nach Fig. 1) der Sekundärluftstrom an die Stelle des Gesamtluftstromes tritt.

Rasche Lastwechsel werden bei dieser Regelung dadurch ermöglicht, daß die Reaktor-Solltemperatur, wie oben
15 angegeben ist, bei einer raschen zeitlichen Zunahme des Sollwertes B für die Brennstoffzufuhr gesteigert wird. Dies bewirkt, daß die Reaktortemperatur T_R zunächst hinter der erhöhten Solltemperatur T_S zurückbleibt, was zu einer Erhöhung des Sollwertes
20 λ_{12} und - da die Gesamtluftzahl λ_{13} davon unabhängig festgelegt wird - zu einer Senkung der Sekundärluftzahl führt. In der zweiten Stufe werden daraus entsprechende Sollwerte für die Volumenströme berechnet, und der Regelkreis führt schließlich dazu,
25 daß die erste Drosseleinrichtung 12 in der Primärluftzuführung weiter geöffnet und die zweite Drosseleinrichtung 56 in der Sekundärluftleitung gedrosselt wird. Das führt zu einer besseren Durchspülung des Spaltgasgenerators mit Primärluft und zu einem dem
30 Lastwechsel entsprechenden augenblicklichen Anstieg der Spaltgasproduktion.

In gleicher Weise wirkt auch das Glied $-g_2 \cdot \dot{B}$ bei der Berechnung des Sollwertes für Δp_v , daß bei
35 einer plötzlichen Steigerung der Brennstoffzufuhr

ein geringerer Sollwert für den Druckabfall der Primärluftleitung berechnet wird. Um die Regelabweichung dieses Druckverlustes zum Verschwinden zu bringen, wird die zweite Drosseleinrichtung 56
5 in der Sekundärluftleitung gedrosselt, was zu einer Verringerung des Sekundärluftstromes führen würde. Dadurch würde sich zunächst der Gesamtluftstrom vermindern, der jedoch von einem von $\dot{B}$ unabhängigen Sollwert eingeregelt wird. Folglich wird gleichzeitig
10 die Drosselklappe 55 geöffnet und damit der Sog in der Spaltgasleitung erhöht. Insgesamt werden also Primärluftstrom und Sekundärluftstrom gesteigert, das Verhältnis der beiden Ströme jedoch zugunsten des Primärluftstromes kurzzeitig verschoben.
15
In vielen Fällen läßt sich die in den Fig. 2 bis 9 gezeigte allgemeine Ausführungsform vereinfachen. Eine derart vereinfachte Vorrichtung ist in Fig. 10 und 11 dargestellt. Dabei sind mit 253 und 252 die Meß-
20 wertgeber für die Gaspedalstellung und die Motordrehzahl bezeichnet, aus deren Signale in dem ersten Sollwertrechner 260 der ersten Rechnerstufe 250 der Sollwert für die Benzinzufuhr

25
$$B = e_0 \cdot n \cdot \alpha_p$$

gebildet wird. Proportional zu dem Sollwertsignal für B wird der Brennstoffstrom durch die Brennstoff-Dosiervorrichtung 254 geregelt. Ferner wird das
30 Sollwertsignal für B in einen zweiten Sollwertrechner 261 gegeben.

Dieser zweite Sollwertrechner (Fig. 11) ist so aufgebaut, daß das am Eingang 301 anliegende, zu B
35 proportionale Spannungssignal in einen mit RC-Gliedern

als Differenzierer beschalteten Verstärker 302 zur Bildung von $\dot{B}$ gegeben wird.

- Ein Betrieb mit konstanter Reaktortemperatur - abgesehen von Temperaturschwankungen während Lastwechseln - ist häufig vorteilhaft. Daher wird dem Sollwertrechner der Temperatursollwert $T_S^{(o)}$ für stationäre Betriebszustände durch die Stellung des Abgriffes eines an einer Konstantspannung angeschlossenen Potentiometers 303 fest vorgegeben. Die abgegriffene Spannung wird über einen Verstärker 304 (Impedanzwandler) zusammen mit dem Ausgang des Verstärkers 302 auf den einen Eingang eines Verstärkers 305 gegeben, wobei zur Bildung der Summe $T_S^{(o)} + \alpha \dot{B}$ (mit α als einem vorgebbaren, den Kenndaten der Brennkraftmaschine anpaßbaren Parameter) das Signal $\dot{B}$ über einen Widerstand 306 und das Signal $T_S^{(o)}$ über einen einstellbaren Widerstand 307 geleitet werden. Dabei wird nun ein Temperatursollwert gebildet, der bei einer Änderung der Brennstoffzufuhr gegenüber dem stationären Betriebszuständen angepaßten Temperatursollwert $T_S^{(o)}$ entsprechend der zeitlichen Ableitung $\dot{B}$ der Brennstoffzufuhr verändert ist.
- Für die Primärluft λ_{12} wird nun zur Temperaturregung der Sollwert so berechnet, daß einem Absinken der Reaktortemperatur durch eine Erhöhung der Luftzahl entgegengewirkt wird, im übrigen jedoch λ_{12} auf einem konstanten Wert $\lambda_{12}^{(o)}$ gehalten wird. Hierzu wird der vorgebbare Wert $\lambda_{12}^{(o)}$ wieder an einem Potentiometer 308 abgegriffen, während der Istwert T_R der Reaktortemperatur z.B. als an einem Widerstandsthermometer abgegriffener negativer Spannungsabfall eingegeben werden kann. Die Leitungen 310, 311, 312 für $\lambda_{12}^{(o)}$, $T_S^{(o)} + \alpha \dot{B}$ und $-T_R$ werden an den Eingang

eines aus den Widerständen 313 und dem Verstärker 314 bestehenden Addierers gelegt. Der Addierer-Ausgang wird über einen Widerstand 315 auf den Eingang eines weiteren Verstärkers 316 gegeben, wobei der Eingang
 5 über eine Kapazität 317 geerdet und der Widerstand 315 von einer Diode 318 überbrückt ist. Die Durchlaßrichtung der Diode weist vom Verstärker 315 zum Verstärker 316, wenn das Ausgangssignal des Verstärkers 313 für wachsendes $\dot{B}$ positiv ist. Dann wird
 10 nämlich der Eingang des Verstärkers 316 durch die Diode 318 auf das Ausgangspotential des Verstärkers 315 gelegt und es wird der Sollwert

$$15 \quad \lambda_{12} = \lambda_{12}^{(0)} + (T_S^{(0)} + \alpha \dot{B}) - T_R \quad \text{für } \dot{B} \text{ wachsend}$$

berechnet. Im anderen Fall klingt die an der Kapazität 317 liegende Spannung am Eingang des Verstärkers 316 mit der Zeitkonstante RC ab und es wird der Sollwert

$$20 \quad \lambda_{12} = \lambda_{12}^{(0)} + (T_S^{(0)} + \alpha \dot{B}_e - t/RC) - T_R \quad \text{für } \dot{B} \text{ abnehmend}$$

berechnet.

Das Ausgangssignal des Sollwertrechners 261 wird nun
 25 in die zweite Rechnerstufe 251 eingegeben, der ferner ein konstanter, den stationären Betriebszuständen angepaßter Sollwert für die Gesamtluft eingegeben wird. Diese zweite Rechnerstufe ist aus den Rechenbausteinen 220, 221 und 222 (Fig. 8) zur Bildung von L und der
 30 Sollwerte $L_V = \lambda_{12} \cdot L$ und $L_G = \lambda_{13} \cdot L$ aufgebaut.

Anschließend werden die Sollwerte in Differenzbildner 264 und 265 eingegeben, um dort mit den entsprechenden Istwerten für die Primärluft und die Gesamtluft, die
 35 additiv aus den gemessenen Istwerten für die Primärluft

und die Sekundärluft gebildet wird, verglichen zu werden. Die Regelabweichungen dienen dazu, eine Drosseleinrichtung 255 in der Primärluftzuführung und eine Drosselklappe 256 am Einlaß der Brennkraft-
5 maschine bis zum Verschwinden der Regelabweichung zu verstellen.

In der Sekundärluftzuführung 257 ist keine regelbare Drosseleinrichtung vorgesehen. Vielmehr enthält sie
10 nur eine konstante Drosselstelle 258, die dafür sorgt, daß bei mittlerer Last der Brennkraftmaschine in der Sekundärluftzuführung ein dem Druckabfall in der Primärluftzuführung und dem Spaltgasgenerator vergleichbarer Druckabfall entsteht. Ist also die
15 Drosselklappe 256 nicht vollständig geöffnet und auch die Drosseleinrichtung 255 halb geöffnet, so soll der Strömungswiderstand in der Sekundärluftzuführung so groß sein, daß die in umgekehrtem Verhältnis zu den Strömungswiderständen stehende Auf-
20 teilung des Gesamtluftstromes in Primärluftstrom und Sekundärluftstrom gerade den für diesen mittleren Lastzustand benötigten Luftströmen entspricht. Durch Veränderung der Drosselklappe 256 können die beiden Ströme gleichzeitig und praktisch ohne sich im Ver-
25 hältnis zueinander zu verändern, geregelt werden, während das Verhältnis der beiden Ströme durch eine Veränderung der Drosseleinrichtung 254 in der Primärluftzuführung fein reguliert werden kann.

30 Die hier vorgeschlagene Berechnung der Primärluftzahl bewirkt, daß bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr der Sollwert für die Reaktortemperatur und somit die Primärluftzahl und (auf Kosten des Sekundärluftstromes) der Primärluftstrom ohne wesentliche Ver-
35 zögerung heraufgesetzt wird.

Jedoch klingt die überproportionale Steigerung des Primärluftstromes erst verhältnismäßig langsam ab, wenn die Brennstoffzufuhr rasch auf den neuen stationären Wert eingestellt wird. Der Primärluftstrom nimmt also den neuen, dem stationären Zustand mit der gesteigerten Last entsprechenden Wert langsamer ein als die Brennstoffzufuhr. Dies ermöglicht eine rasche Steigerung der Motorleistung und verhindert einen anschließenden Leistungseinbruch.

Da der Sollwert für λ_{13} konstant gehalten wird, verändert sich das Verhältnis Brennstoff:Gesamtluft zunächst nicht. Eine Anfettung findet erst bei derart hohen Lastsprüngen statt, bei welcher trotz voller Öffnung der Drosselklappe 256 die Soll/Istdifferenz für die Gesamtluft L_G nicht mehr abgeglichen wird. Dies ist bei Vollast auch erwünscht. Durch den Anstieg von λ_{12} wird eine stärker exotherme Umsetzung durchgeführt und der spezifische Heizwert des Spaltgas/Sekundärluftgemisches etwas erniedrigt. Dies steht im Gegensatz zu den herkömmlichen Betriebsverfahren benzingespeister Kraftfahrzeugmotoren, wo bei Beschleunigungen immer angefettet werden muß. Eine derartige Anfettung kann bei dem Verfahren gemäß der Erfindung erreicht werden, wenn die Regelung (z.B. die Drosselklappe) für den Gesamtluftstrom oder den Sekundärluftstrom mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber der Brennstoffzufuhr und der Primärluftregelung auf das Durchtreten des Gaspedals anspricht. In der Regel genügt die natürliche Verzögerung aufgrund der Trägheit der Drosselklappe.

Fig. 12 zeigt mit Kurve 260 das Drehmoment M_d bei Steigerung des Brennstoffdurchsatzes von 4 auf 6,5 Liter "straight run"-Benzin pro Stunde, gemessen

an einem handelsüblichen 2 l-Motor und einer Vorrichtung nach Fig. 10 und 11. Mit der Kurve 261 ist der Druckabfall am Primärluftventil 255 dargestellt, das beim niedrigen Lastzustand halb geöffnet ist. Zur

5 Erhöhung der Leistung wird die Brennstoffzufuhr und gleichzeitig die Drosselklappe 256 am Einlaß des Motors geöffnet. Das würde zu einer langsamen Erhöhung des Primärluftstromes (langsame Erhöhung des Druckabfalles) führen, während der nahezu schlagartig

10 ansprechende Sekundärluftstrom überproportional steigen würde. Dies wird jedoch durch vollständiges Öffnen des Primärluftventils 255 verhindert, was am Verschwinden des Druckabfalls erkenntlich ist. Der Spaltgasgenerator wird dadurch augenblicklich

15 mit Primärluft durchgespült und das Drehmoment steigt sprunghaft an, während die Gesamtluftzahl nahezu unverändert ($\lambda_{13} = 1,3$) bleibt. Erst allmählich schließt sich das Primärluftventil wieder und der Primärluftstrom wird auf dem neuen stationären Zustand

20 entsprechende Werte eingeregelt.

Der gleiche Motor läßt bei herkömmlichem Benzinbetrieb eine sprunghafte Laststeigerung nur mit stark ange-

25 Schadstoffgehalt im Abgas führt.

20 Patentansprüche

12 Figuren

Patentansprüche

1. Regelungsverfahren zum Betrieb eines Spaltgas-
generators, in dem Flüssigbrennstoff mit Primärluft
5 und gegebenenfalls einem gebundenen Sauerstoff ent-
haltenden Gas zu einem Spaltgas umgesetzt wird, und
einer nachgeschalteten Brennkraftmaschine, in der Spalt-
gas mit Sekundärluft verbrannt wird, wobei bei
stationären Betriebszuständen die Zufuhr von Flüssig-
10 brennstoff und Gesamtluft und das Verhältnis von
Primärluftstrom zu Sekundärluftstrom auf den stationären
Zuständen angepaßte Werte eingeregelt werden, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß bei
einer Steigerung der Brennstoffzufuhr (B) das Verhältnis
15 von Primärluftstrom (L_V) zu Sekundärluftstrom (L_M) ent-
sprechend der zeitlichen Änderung ($\dot{B}$) der Brennstoff-
zufuhr (B) kurzzeitig gegenüber dem stationären Zustand
($\dot{B} = 0$) mit der veränderten Brennstoffzufuhr gesteigert
wird.
20
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß das Verhältnis von
Primärluftstrom zu Sekundärluftstrom auf den dem
stationären Zustand mit der gesteigerten Brennstoff-
25 zufuhr entsprechenden Wert erst eingeregelt wird,
nachdem die Brennstoffzufuhr den stationären Zustand
bereits erreicht hat.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h
30 g e k e n n z e i c h n e t , daß das Verhältnis
von Primärluftstrom zu Sekundärluftstrom in Abhängigkeit
von der Reaktortemperatur im Spaltgasgenerator geregelt
wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß das Verhältnis
entsprechend der Regelabweichung des Sollwertes vom
Istwert der Reaktortemperatur geregelt wird.
- 5
5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß bei einer Steige-
rung der Brennstoffzufuhr der Sollwert der Reaktor-
temperatur kurzzeitig heraufgesetzt wird.
- 10
6. Verfahren nach Anspruch 5, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß der Temperatur-
Sollwert erst kurze Zeit nach Erreichen eines neuen
stationären Zustandes den diesem Zustand entspre-
15 chenden Temperatur-Sollwert beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
Brennstoffzufuhr in direkter Abhängigkeit von der
20 Gaspedalstellung und die Luftströme in direkter
Abhängigkeit von der Brennstoffzufuhr geregelt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
25 Luftströme in direkter Abhängigkeit von der Gaspedal-
stellung und die Brennstoffzufuhr in direkter Ab-
hängigkeit von der Gesamtluftzufuhr oder der Gas-
pedalstellung geregelt werden.
- 30 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in
der Sekundärluftleitung durch eine unveränderliche
Drosselstelle ein Strömungswiderstand erzeugt wird,
der bei mittleren Durchsätzen einen dem Druckabfall
35 in der Primärluftleitung und dem Gasgenerator vergleich-

- baren Druckabfall hervorruft, und daß durch eine Drosseleinrichtung in der Primärluftleitung und eine Drosselklappe am Einlaß der Brennkraftmaschine der Primärluftstrom und der Gesamtluftstrom geregelt werden.
- 5
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr der Primärluftstrom kurzzeitig erhöht wird.
- 10
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Istwert einer dem Primärluftstrom entsprechenden Größe gemessen, der dazugehörige Sollwert berechnet und mit der Regelabweichung eine Drosseleinrichtung in der Primärluftzufuhr des Spaltgasgenerators gesteuert wird.
- 15
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als dem Primärluftstrom entsprechende Größe der mittels eines Durchflußmengenmessers in der Primärluftzufuhr meßbare Primärluftstrom verwendet wird.
- 20
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Steigerung der Brennstoffzufuhr der Sekundärluftstrom kurzzeitig gedrosselt wird.
- 25
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine dem Primärluftstrom entsprechende Größe gemessen und berechnet und eine Drosseleinrichtung in der Sekundärluftzuführung bis zum Verschwinden der Regelabweichung gesteuert wird.
- 30
- 35

15. Verfahren nach Anspruch 14, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß als dem Primär-
luftstrom entsprechende Größe der mittels eines Mano-
meters meßbare Druckabfall in der Primärluftzuführung
5 oder Sekundärluftzuführung verwendet wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
der Sollwert für eine dem Gesamtluftstrom entsprechende
10 Größe berechnet und gemessen und die Summe von Primär-
luftstrom und Sekundärluftstrom auf das Verschwinden
der Regelabweichung eingeregelt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, d a d u r c h
15 g e k e n n z e i c h n e t , daß der Sollwert
für die dem Gesamtluftstrom entsprechende Größe
aus der Stellung des Gaspedals oder der Brennstoff-
zufuhr entsprechend einem stationären Betriebszustand
bestimmt wird.

20

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Regelung der
Summe aus Primärluftstrom und Sekundärluftstrom eine
Drosselklappe in der Gemischleitung der Brennkraft-
25 maschine angesteuert wird.

19. Verfahren nach den Ansprüchen 11, 15 und 18,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
Primärluftstrom, Sekundärluftstrom und Gesamtluft-
30 strom getrennt geregelt werden, indem der die Regelung
des Primärluftstromes steuernde Meßwert des Durchfluß-
mengenmessers in der Primärluftzuführung zusätzlich
zusammen mit dem Meßwert eines Durchflußmengenmessers
in der Sekundärluftzuführung zur Bildung der Regel-
35 abweichung für den Gesamtluftstrom und Steuerung der

Drosselklappe in der Gemischleitung herangezogen wird und das Manometer zur Regelung des Sekundärluftstroms den Druckabfall an der Drosseleinrichtung in der Primärluftzuführung mißt.

5

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß in einer ersten elektronischen Rechenstufe die Sollwerte für die Brennstoffzufuhr und zwei der drei Luft-
- 10 zahlen für die Primärluft (λ_{12}), die Sekundärluft (λ_{23}) und die Gesamtluft (λ_{13}) unter Berücksichtigung des momentanen Betriebszustandes und der Kenndaten von Brennkraftmaschine und Spaltgas-
- 15 generator berechnet werden, daß in einer zweiten elektronischen Rechenstufe aus den in der ersten Stufe berechneten Sollwerten die Sollwerte für wenigstens zwei der drei Volumenströme von Primärluft, Sekundärluft und Gesamtluft berechnet werden, und
- 20 daß die Brennstoffzufuhr und die Volumenströme auf die berechneten Sollwerte eingeregelt werden.

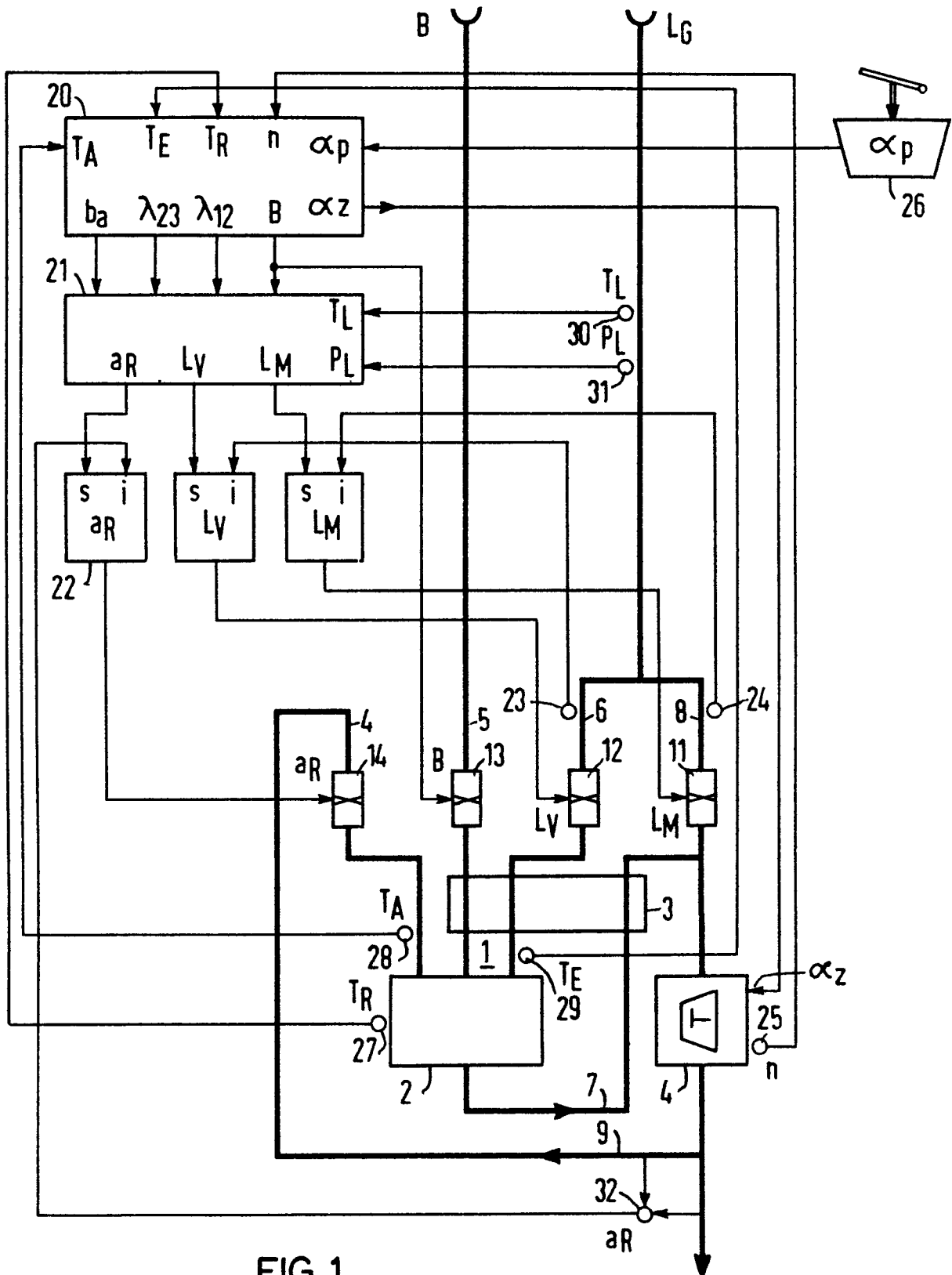


FIG 1

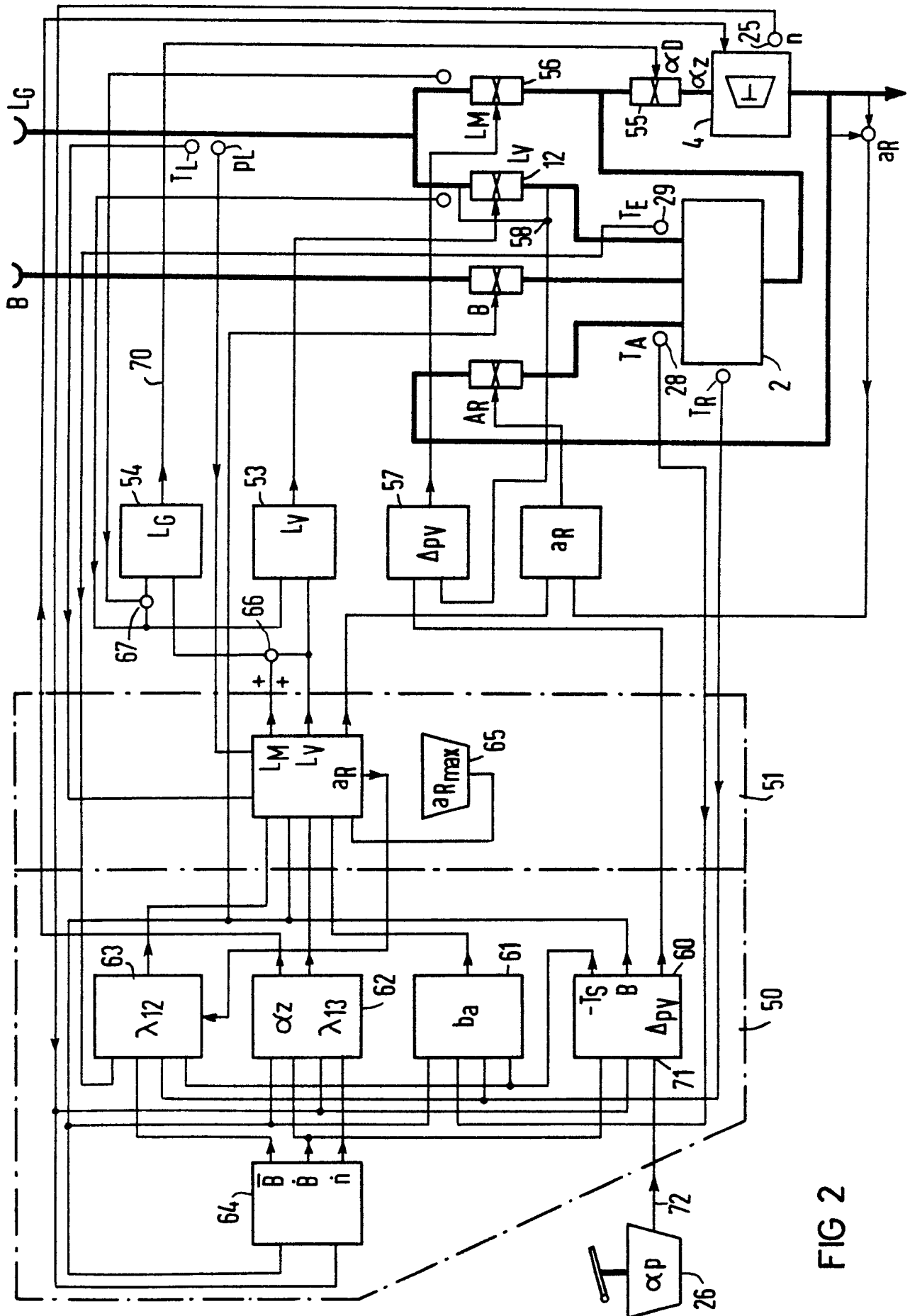


FIG 2

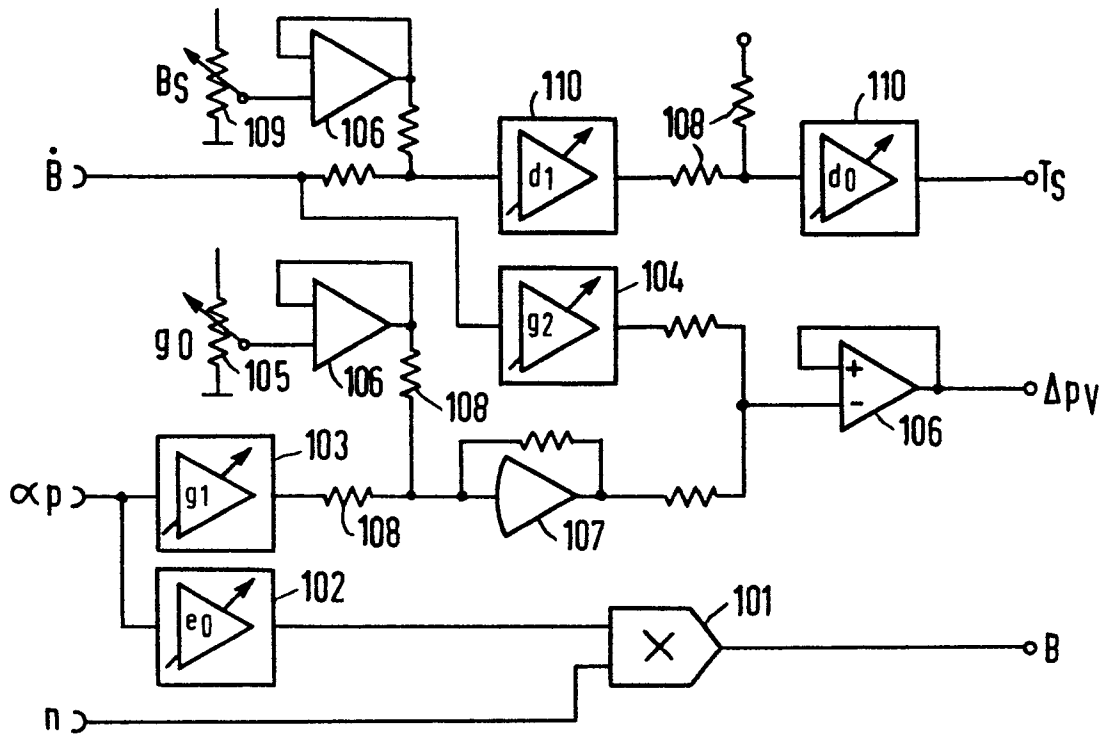


FIG 3

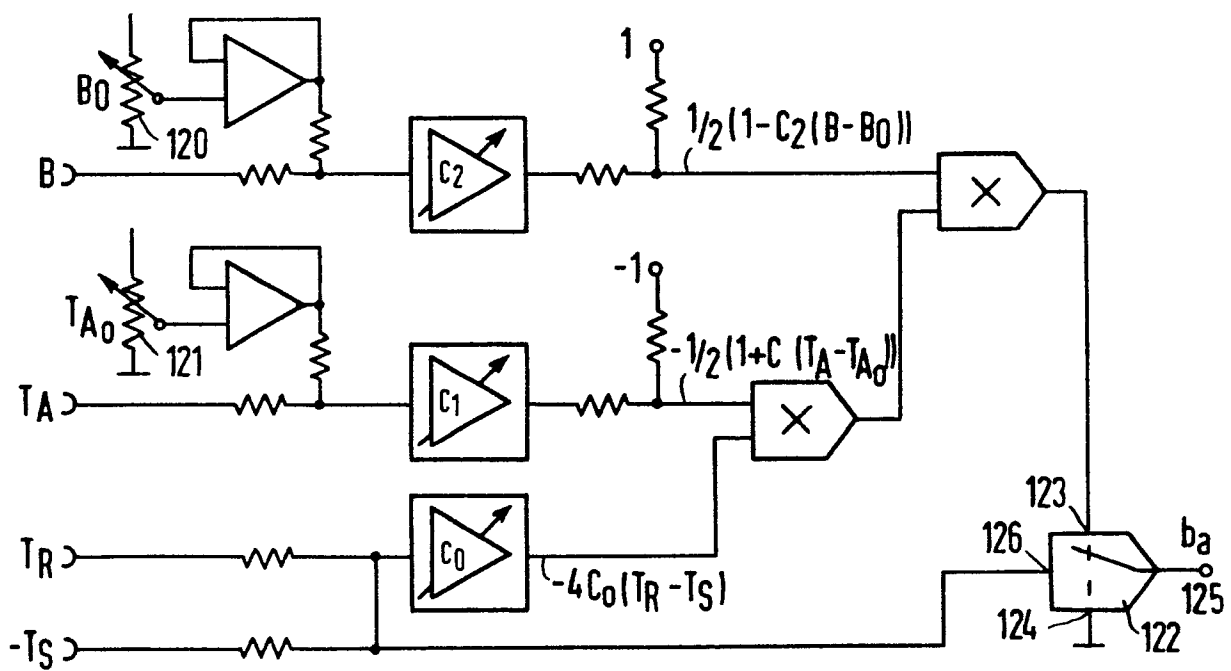
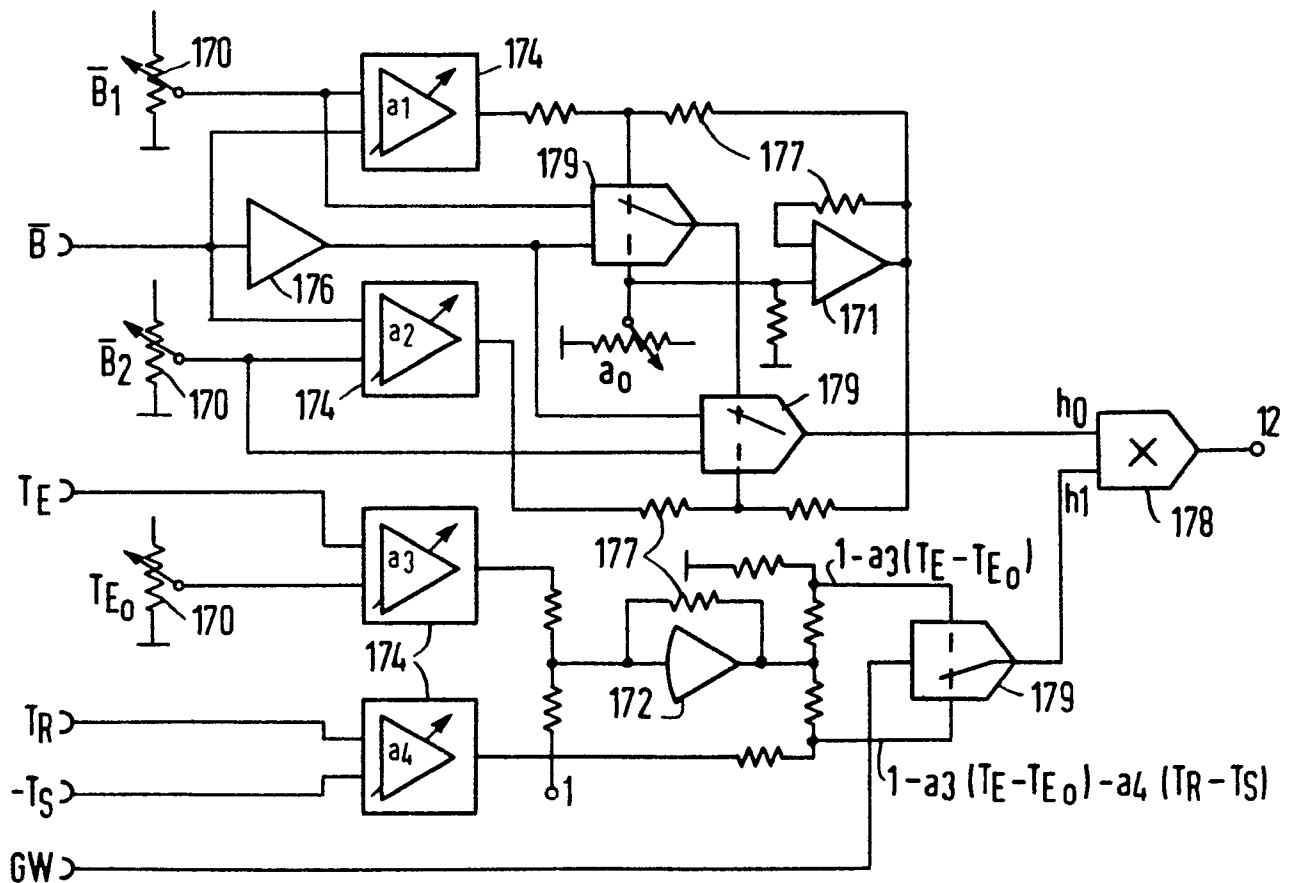
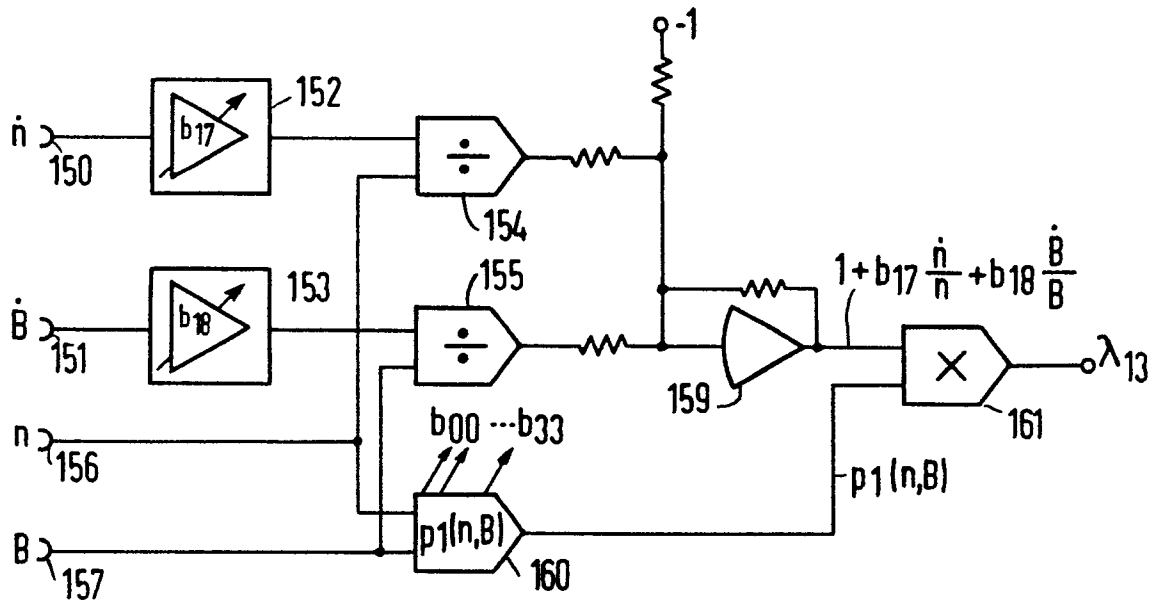


FIG 4



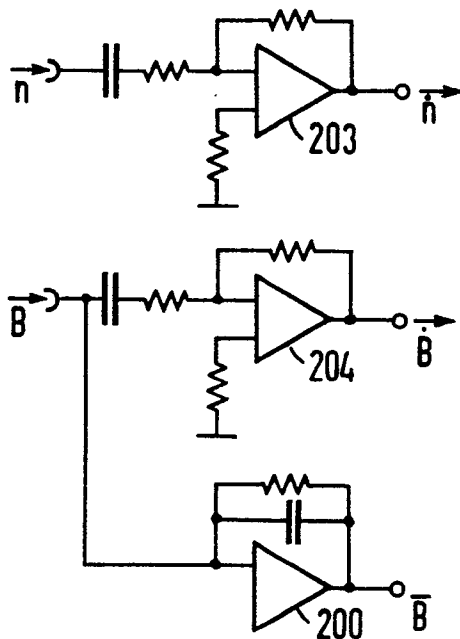


FIG 7

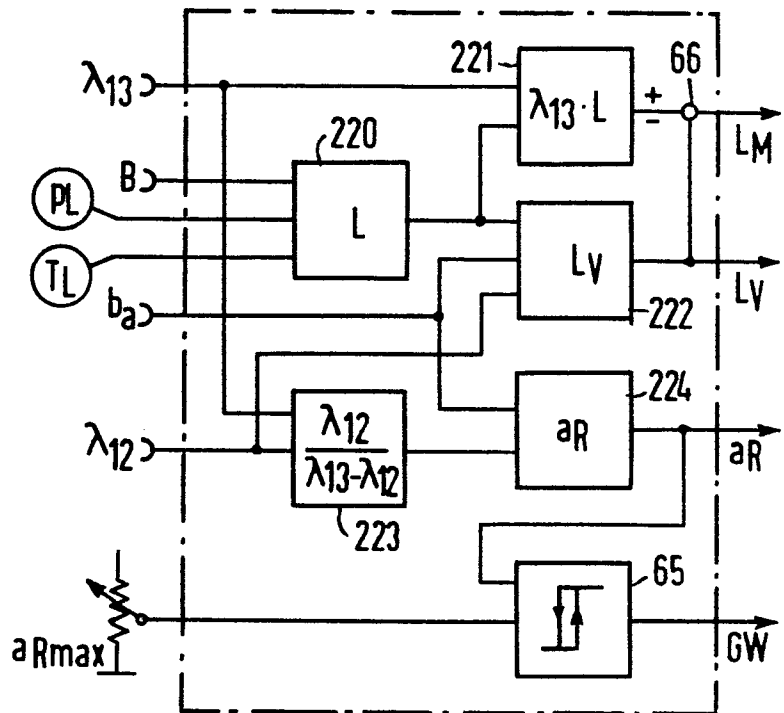


FIG 8

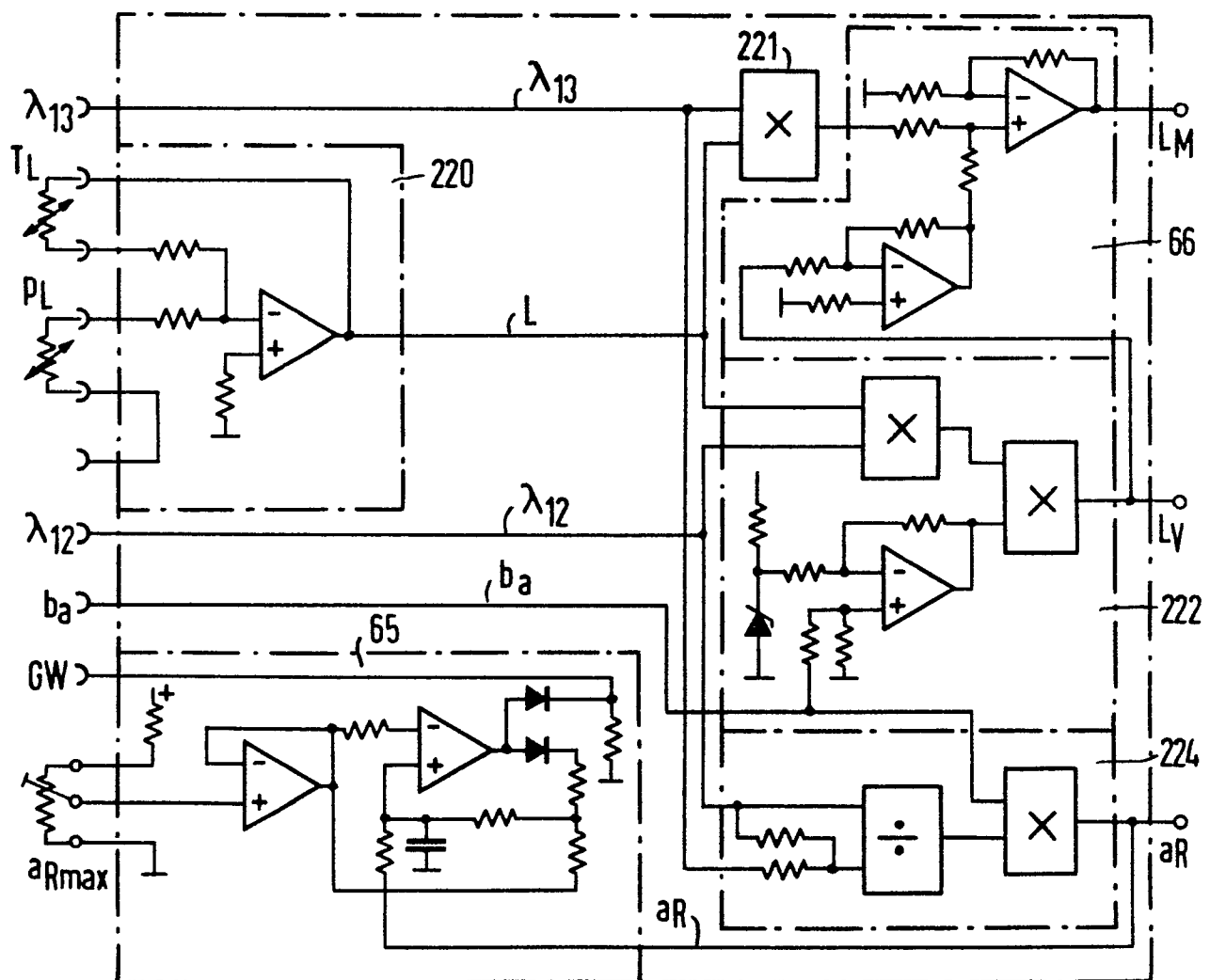
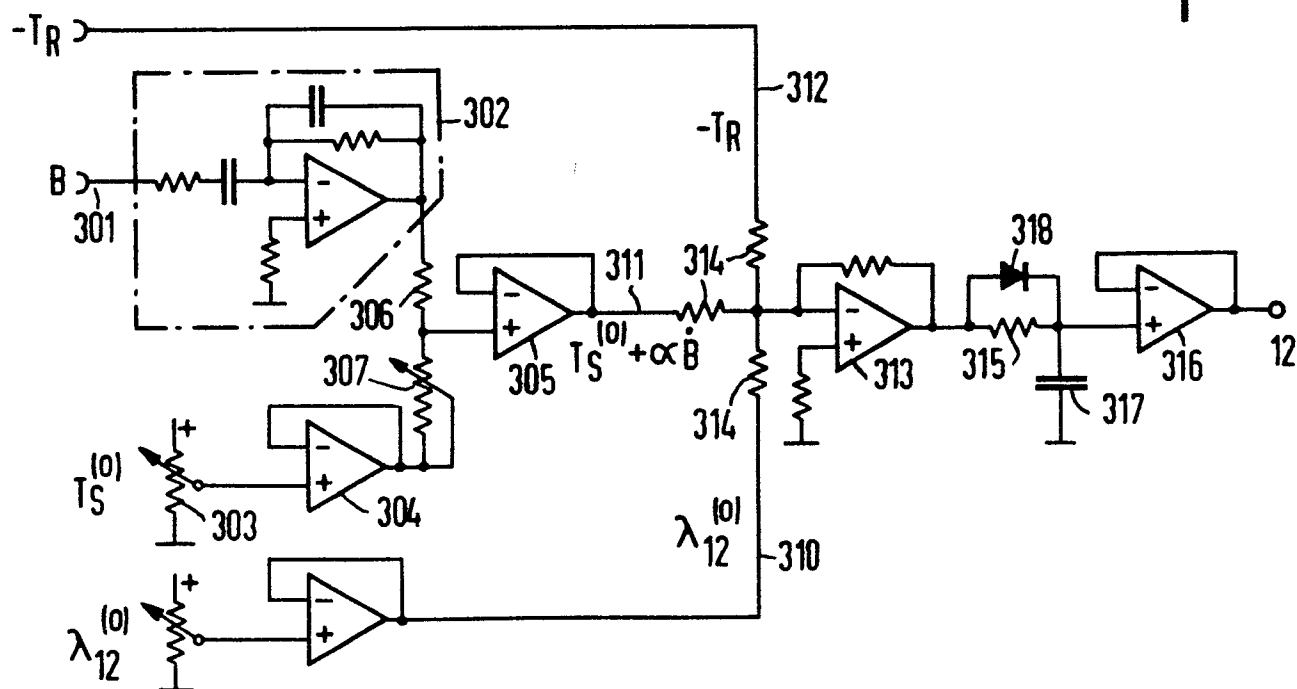
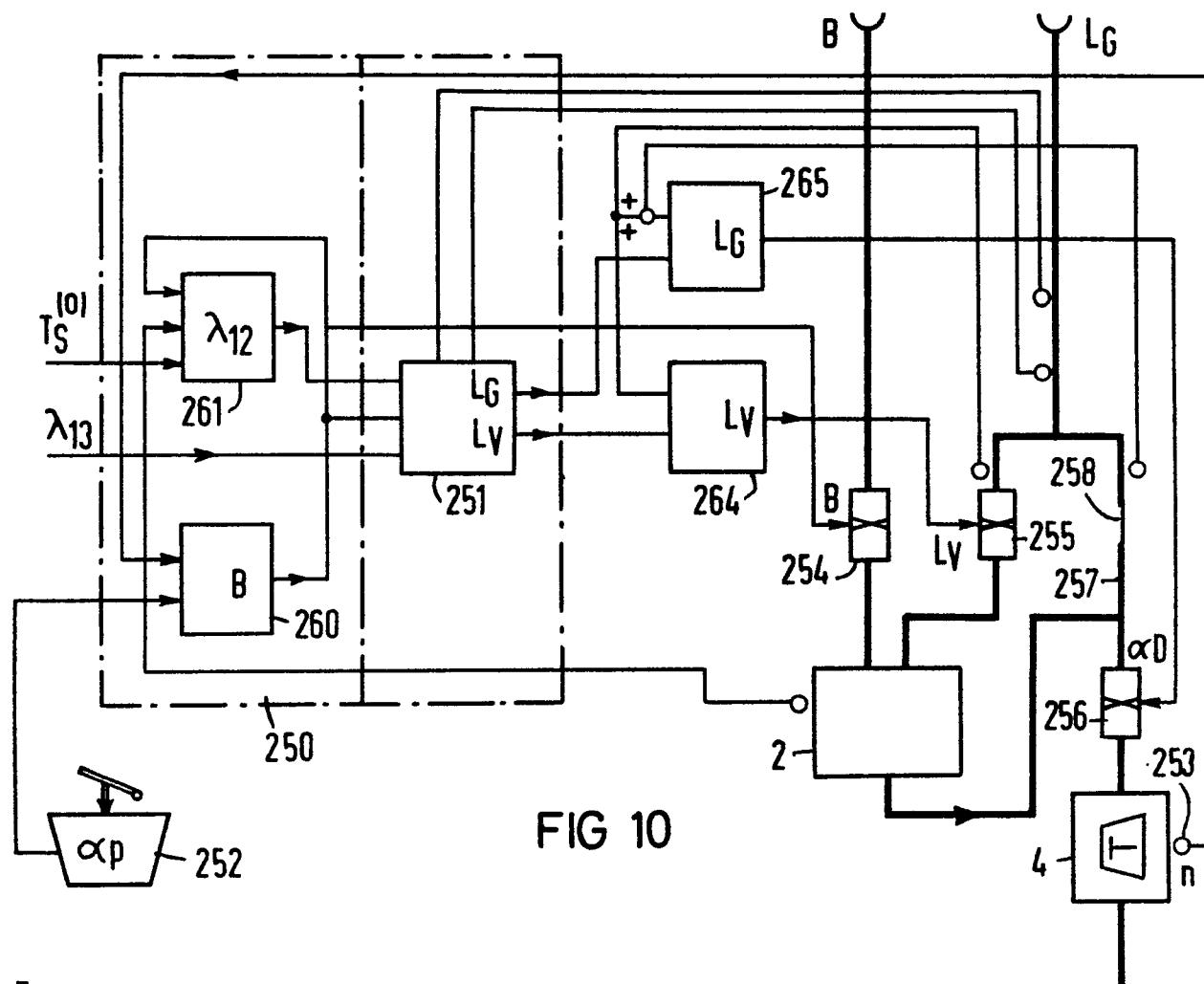


FIG 9



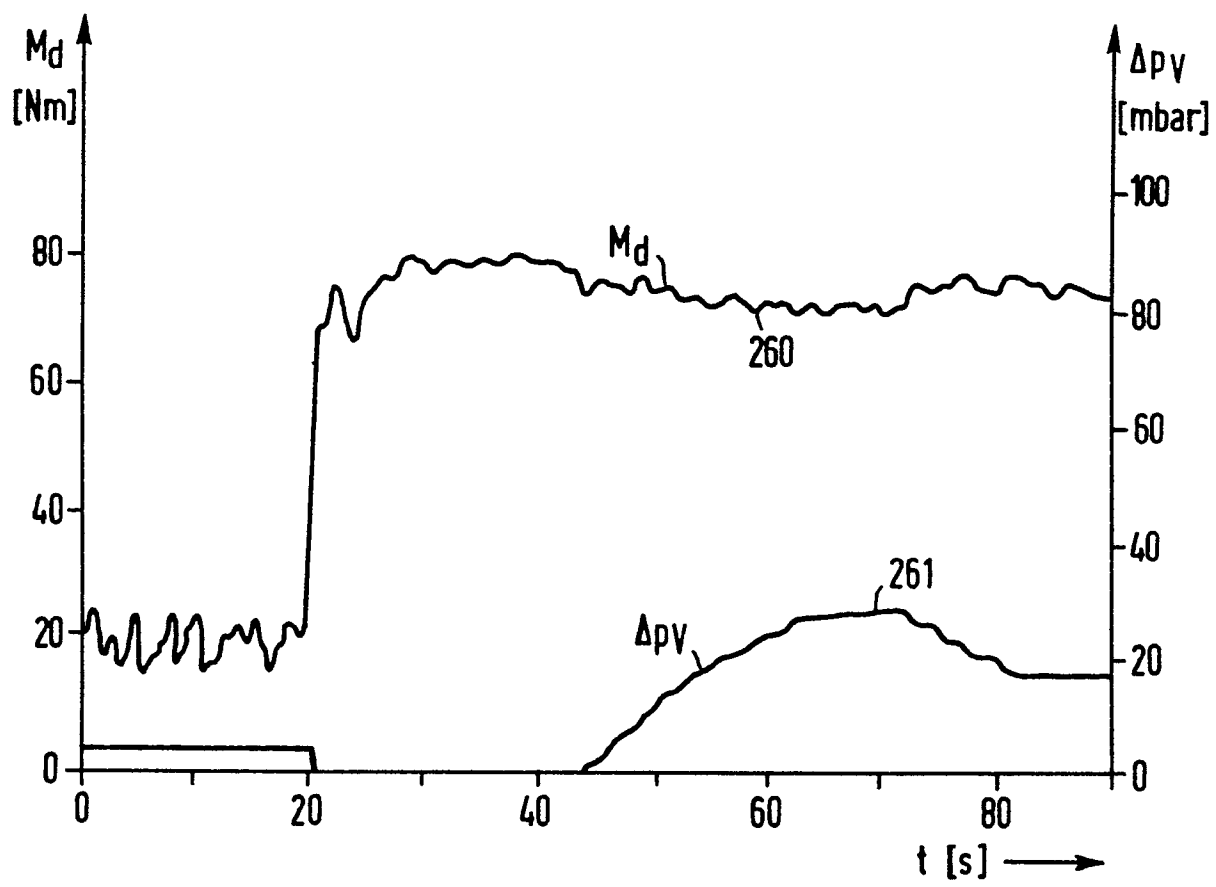


FIG 12



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
-	<u>DE - A - 2 649 407</u> (TOYOTA) * Ansprüche 1, 2; Seiten 8, 9 * --	1	G 05 D 11-13 F 02 D 35-00 F 02 M 27-02
-	<u>DE - A - 2 607 573</u> (C.A.V.) * Anspruch 1 * --	1	
-	<u>US - A - 3 915 125</u> (SIEMENS) * Spalte 4, Zeilen 7 bis 31 * --	1	
D	<u>DE - A - 2 558 922</u> (SIEMENS) --		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.) F 02 D 33-00 F 02 D 35-00 F 02 M 27-02 G 05 B 15-00 G 05 D 11-13
D	<u>DE - A - 2 306 026</u> (SIEMENS) * Ansprüche 10, 11, 12, 25 * ----		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
☒ Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Berlin	09-11-1978	BEYER	